

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

LIBEREC 2011

LUCIE ČERNOHOUZOVÁ

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ



Studijní program: N3108 Průmyslový management

Studijní obor: 3106T014 Produktový management

**ANALÝZA MĚŘÍCÍCH SYSTÉMŮ V APLIKACI
STATISTICKÉHO ŘÍZENÍ PROCESU VE VÝROBĚ ŠROUBŮ
FIRMY KAMAX s.r.o.**

**ANALYSIS OF MEASURING SYSTEMS IN THE APPLICATION
OF STATISTICAL PROCESS CONTROL IN SCREW
MANUFACTURING COMPANY KAMAX s.r.o.**

Bc. Lucie Černohouzová

KHT- 045

Vedoucí diplomové práce: Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.

Rozsah práce:

Počet stran	60
Počet obrázků	19
Počet tabulek	3
Počet stran příloh	15

Zadání diplomové práce
(vložit originál)

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V Liberci dne 05.05.2011

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D. za odbornou pomoc a motivaci při vypracování této práce. Ráda bych také poděkovala konzultantovi diplomové práce Ing. Martinu Černému ze společnosti KAMAX s.r.o..

Poděkování patří také Petru Bartošovi za materiály a názory pro zpracování praktické části.

Děkuji své rodině za nedocenitelnou podporu v průběhu mých studií.

ANOTACE

Předmětem této diplomové práce je zaměřit se na analýzu měřících systémů ve výrobním závodu Turnov společnosti KAMAX s.r.o.. Práce je rozdělena na dvě části. V první části je popsána teorie s důrazem na analýzu měřících systémů. Ve druhé části je uveden výchozí stav způsobilosti procesu, postup práce a výsledky práce. Cílem práce je aplikovat metodu měřících systémů (MSA) na klíčové přístroje.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Analýza měřících systémů

Měřicí systém

Statistické řízení procesů

Variabilita

Způsobilost procesu

ANNOTATION

The subject of this thesis is to focus on the analysis of measurement system in Turnov KAMAX Ltd. factory. The work is divided into two parts. The first section describes the theory with the emphasis on measurement systems. The second part is the initial state, workflow and work results. Purpose of the thesis is apply the method of measuring systems (MSA) to the key device.

KEY WORDS:

Analysis of measurement systems

Measuring system

Statistical Process Control

Variability

Process capability

OBSAH

1. ÚVOD	12
2. SPOLEČNOST KAMAX s.r.o.	13
2.1 Historie.....	13
2.2 Současný stav.....	15
3. TEORETICKÝ ZÁKLAD	16
3.1 Jakost	16
3.2 Metrologie a měřidla.....	16
3.2.1 Kalibrace měřidel.....	16
3.2.2 Kontrolní prostředky v Kamax s.r.o.	17
3.3 Přesnost měření.....	18
3.3.1 Základní pojmy přesnosti měření	18
3.3.2 Základní pojmy matematické statistiky	19
3.3.3 Chyby měření.....	20
3.4 Nejistota měření.....	21
3.4.1 Míra nejistoty měření.....	22
3.4.2 Metody stanovení a vyhodnocení standardních nejistot.....	23
3.5 Způsobilost procesu	26
3.6 Analýza systému měření (MSA).....	26
3.7 Proměnlivost měření a charakteristiky výsledků měření.....	27
3.7.1 Strannost	28
3.7.2 Opakovatelnost	29
3.7.3 Reprodukovatelnost	29
3.7.4 Stabilita	30
3.7.5 Linearita.....	31

3.8	Metoda GRR	31
3.8.1	Vliv operátora	31
3.8.2	Vztahy v analýze GRR měřidla	31
3.9	Metoda průměr-rozpětí:	32
3.9.1	Sběr dat	32
3.9.2	Výpočet %GRR	32
3.10	Způsobilost procesu C_P a C_{PK}	36
3.11	Způsobilost stroje.....	37
4.	HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI VE FIRMĚ	39
4.1	Způsobilost a sledování měřidel	39
4.2	Způsobilost strojů	39
4.3	Způsobilost procesů	40
4.4	Realizace MSA a její hodnocení.....	40
4.4.1	Postup zjišťování způsobilosti měřidel.....	41
4.4.2	Ověření normality dat	41
4.4.3	Mezní rozhodovací parametry pro určení %GRR:	43
4.4.4	Měřicí sestavy použité při analýze.....	44
4.4.5	Grafické a numerické vyhodnocení %GRR.....	45
4.4.6	Výpočet %GRR	46
4.4.7	Výsledky a diskuze	52
4.5	Návrhy opatření	54
5.	ZÁVĚR.....	55

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AV	variabilita způsobená vlivem měřícího pracovníka (Appraiser Variation)
BMW	Bavorské Motorové Závody (Bayerische Motoren Werke)
cca	přibližně
CL	centrální přímka (Central Line)
C_{gk}	kritický index způsobilosti měřidla
C_m	index způsobilosti stroje
C_{mk}	kritický index způsobilosti stroje
C_p	index způsobilosti procesu
C_{PK}	kritický index způsobilosti procesu
ČSN	Česká technická norma
DIN	Deutsche Industrie Norm (německá průmyslová norma)
EN	Evropská norma
EV	variabilita způsobená vlivem měřidla (Equipment Variation)
fy	firmy
GRR	opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla (Gage Repeatability & Reproducibility)
ISO	Mezinárodní Organizace pro Normalizaci (International Organization for Standardization)
Km	kilometr, jednotka délky
ks	kus
LCL	dolní mez regulačního diagramu (Lower Control Limit)
mil	milion
mm	milimetr, jednotka délky
MSA	analýza měřících systémů (Measurement Systems Analysis)
n	rozsah výběru
ndc	počet rozlišitelných tříd, které mohou být spolehlivě rozpoznány měřícím systémem (Number of Distinct Categories)
PC	počítač (personal computer)
PV	variabilita dílů (Part Variation)
QS	oborová norma automobilového průmyslu
R	rozpětí (Range)

\bar{R}	aritmetický průměr rozpětí
$\overline{\overline{R}}$	aritmetický průměr aritmetických průměrů rozpětí
s	směrodatná odchylka
s^2	rozptyl procesu
$s_{\bar{x}}$	směrodatná odchylka výběrového průměru
SPC	statistické řízení procesů (Statistical Process Control)
SZÚ	státní zkušební ústav
TV	celková variabilita (Total Variation)
u	standardní nejistota
u_A	standardní nejistota typu A
u_B	standardní nejistota typu B
u_C	kombinovaná standardní nejistota
USA	Spojené státy americké (United States of America)
UCL	horní mez regulačního diagramu (Upper Control Limit)
VDA	Sdružení automobilového průmyslu (Verband der Automobilindustrie)
VW	Volkswagen
\bar{x}	aritmetický průměr
$\overline{\overline{x}}$	celkový průměr
x_{\max}	maximální hodnota výběru
x_{\min}	minimální hodnota výběru
\overline{X}_{DIFF}	rozpětí průměrů měřících pracovníků
Δ	absolutní chyba měření
δ	relativní chyba měření
%	procento

1. ÚVOD

„Jakost je, když se vrací zákazník, nikoliv zboží.“

Od sedmdesátých let minulého století, kdy skončil převis poptávky nad nabídkou, je kladen stále větší důraz na jakost. V současnosti nikdo nepochybuje o tom, že je žádoucí se věnovat jakosti produktů a s nimi spojených služeb. Zavedení systému managementu jakosti se stává pro společnosti naprostou nezbytností, ať už je k tomu vedou konkurenční tlaky, náročnější zákazníci nebo souvislost jakosti s rentabilitou společnosti.

Každá etapa výrobního procesu ovlivňuje kvalitu výrobku. V minulosti byla kvalita využívána jako konkurenční výhoda, dnes je ovšem samozřejmostí. Aby byl výrobek kvalitní, nestačí, aby byl bezvadný, ale také musí splňovat požadavky zákazníků. Je nezbytné, aby společnost pomocí zpětné vazby zjistila potřeby a požadavky zákazníků a dokázala na ně reagovat tak, aby splnila zákaznická očekávání nebo je dokonce předčila. Toho je nutné dosáhnout s minimálními náklady.

Systém managementu jakosti pomáhá organizaci zajistit stabilní a zákaznickem požadovanou jakost výrobků. V oblasti dodavatelů automobilového průmyslu, kam patří i společnost KAMAX s.r.o., podléhá normě ISO/TS 16949:2002. Tato norma vychází z normy ISO 9001:2000 a z norem VDA 6.1 a QS 9000.

Cílem této diplomové práce je zanalyzovat současný stav měřících systémů a následně, pokud bude třeba, navrhnout nápravná opatření. V první části se zabývám teoretickým základem, který je důležitý z hlediska vysvětlení používaných pojmů a popsání problému. V druhé, teoretické části se zabývám metodou opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřících systémů, která vychází z metodiky MSA. MSA je zde aplikována na konkrétní měřicí přístroje. Není ovšem aplikována na celý měřicí systém. Aplikovat tuto metodu na celý systém je cílem této diplomové práce v praktické části.

2. SPOLEČNOST KAMAX s.r.o.

Diplomovou práci jsem měla možnost zpracovávat u firmy KAMAX s.r.o. se sídlem v Turnově.



Obr.1 Logo firmy KAMAX s.r.o

2.1 Historie

Psal se rok 1935, tento rok se stalo mnoho událostí. Mimo jiné v německém Osterode am Harz zakládá inženýr Rudolf Kellermann společnost „Rudolf Kellermann továrna na závitové součástky“. Má tři zaměstnance, postrádá potřebný kapitál, ale i přesto začíná vyrábět šrouby pro automobilový průmysl ve staré továrně na sudy.

O tři roky později pracuje v továrně již 76 zaměstnanců. Po velké investici do nových strojů vyrábí vysokopevnostní šrouby – šrouby kol automobilů, ojnicí šrouby. Vše podle požadavků normy. Na tyto šrouby je kladen velký požadavek na pevnost a jakost materiálu.

Během druhé světové války je výroba šroubů směřována na letecký průmysl. Práce je mnoho, kapacita továrny začíná být malá. Proto se roku 1941 Rudolf Kellermann rozhodl jednotlivé fáze výroby rozmístit do různých budov, mimo jiné, jedna z budov je i pro kontrolu kvality. V létě 1945 je Rudolfu Kellermannovi opět uděleno povolení k zahájení výroby původního sortimentu.

Roku 1954 vyvíjí se svými zaměstnanci hydraulický řezací stroj na ocel. Závod v Osterode má více než 1000 zaměstnanců, kteří zpracovávají více než 6000 tun oceli. Závod dosahuje svých možností a Rudolf Kellermann zakládá druhý závod v Homberg (Ohm).

V roce 1956 Rudolf Kellermann zkoumá s Hansem Christoferem Kleinem „Vliv tření na předpětí a utahovací moment šroubových spojů“ a vytváří rovnici „Kellermann-Klein“, která je dodnes celosvětovým standardem pro stanovení utahovacího momentu podle normy DIN / EN / ISO 16047.

O tři roky později pořídí do závodu Homberg (Ohm) první postupový lis, „Boltmaker“ z USA. To je začátek plně automatické výroby vysokopevnostních šroubů v Německu. Závod Homberg (Ohm) má více než 800 zaměstnanců a závod se potýká s nedostatkem kapacity svých prostor. Proto zakládá 30 km od Osterode třetí závod v Alsfeldu.

13. prosince 1973, jen pár týdnů před jeho 72. narozeninami, umírá zakladatel společnosti Rudolf Kellermann v Altstätten ve Švýcarsku. Příští generace rodiny Kellermann převzala zodpovědnost ve společnosti a zajišťuje, aby firma KAMAX zůstala nezávislým rodinným podnikem. O dva roky později KAMAX poprvé zásobuje výrobce automobilů v USA.

Roku 1980 se firma rozšiřuje i do zahraničí. Přebírá španělskou firmu TUSA a vzniká čtvrtý závod, který je dodnes registrován pod názvem KAMAX S.A.U. .Pátý závod v České Republice otevírají roku 1992, Turnově se staví zcela nový závod koncernu KAMAX. Roku 1995 přebírá firmu na výrobu šroubů G.P.DUPONT v Detroitu, Michigan a úspěšně se usazuje v Americe. Třetí podnikatelská generace KAMAXu zakládá roku 1999 společně s francouzským dodavatelem automobilů A. Raymondem v belgickém Genku „FACIL“ („Fasteners and Connections International“). FACIL nabízí všechny spojovací prvky pro automobilový průmysl z jedné ruky.

Roku 2004 KAMAX dodává výrobky přímo výrobcí automobilů do Číny. Závod v USA v Lapeeru se v roce 2007 stal pomocí cílených investic jedním z nejmodernějších v zemi a byl dodatečně rozšířen o dvě velké výrobní haly. V listopadu téhož roku byl otevřen nově postavený závod v Bardějově na Slovensku. KAMAX nyní vyrábí s více než 2 500 zaměstnanci celosvětově v devíti stanovištích. V roce 2009 KAMAX zahajuje rozsáhlou a globální spolupráci s japonským koncernem Aoyama Seisakusho. 2010 KAMAX posiluje své angažmá v Asii založením distribučních společností v Číně a Japonsku. [1]

2.2 Současný stav

Výrobní závod v Turnově je jednou z dceřiných společností světového koncernu s hlavním sídlem v Německu. Společnost KAMAX s.r.o. je světovou jedničkou ve vývoji a výrobě VYSOKOPEVNOSTNÍCH ŠROUBŮ A ŠROUBŮ SE STATUSEM BEZPEČNOSTNÍ DÍL pro automobilový průmysl. Spektrum klientů se nachází po celém světě. Mezi nejvýznamnější patří například BMW, VW, ŠKODA AUTO, Daimler, TRW. Každý měsíc firma vyprodukuje přibližně 50 mil šroubů.

Jde o zakázky v řádu cca 100 000 kusů, tedy o hromadnou výrobu. Z tohoto důvodu firma používá k analýze měřících systému metodiku QS 9000 MSA (Measurement System Analysis). Bez analýzy měřících systémů není možné statistické řízení procesů.¹

Společnost využívá k hodnocení procesů 19 stanic DataMyte. Na 17 stanicích se provádí měření a zbylé 2 stanice vyhodnocují data. Stanice je znázorněna na obr. 2. Pro představu, v měsíci březnu bylo vyhodnoceno cca 60 000 hodnot. Další údaje o firmě jsou v příloze A, Kamax v číslech.



Obr.2 Měřicí stanice Data-Myte

¹ Zdroj: Ing. Černý, Kamax s.r.o., QM

3. TEORETICKÝ ZÁKLAD

Obsahem této kapitoly je teoretická stať o jakosti, měření, základních pojmech matematické statistiky a statistickém řízení procesů.

3.1 Jakost

„Jakost je souhrn vlastností a charakteristických rysů produktů či služby, které vytvářejí schopnost uspokojovat dané nebo vyvolané potřeby. Chtějí-li být v současné době firmy úspěšné, musejí implementovat programy komplexního řízení jakosti. Jedině tak mohou dosáhnout vysokého uspokojení zákazníků.“²

V literatuře najdeme mnoho definic jakosti. Lze je shrnout takto: Jakost, resp. kvalita je stupeň splnění požadavků definovaných souborem znaků spojených s produktem, procesem či systémem.

3.2 Metrologie a měřidla

Slovo metrologie vzniklo z řeckého slova „metron“ - měřidlo a „logos“ - slovo. Jde o vědu, která se zabývá měřením a všemi problémy týkajícími se měření. Měřením tedy označujeme činnost, při které pomocí měřících přístrojů stanovujeme hodnoty měřených veličin.

3.2.1 Kalibrace měřidel

Zákon č.505/1990 sb. o metrologii rozděluje měřidla na:

- Etalony
- Pracovní měřidla stanovená
- Pracovní měřidla nestanovená
- Certifikované referenční materiály a ostatní referenční materiály

¹ KOTLER, P.: Marketing a management, 9. vydání, Praha, Grada Publishing, 1998, str. 65 [3]

3.2.2 Kontrolní prostředky v Kamax s.r.o.

Kamax s.r.o. používá kontrolní prostředky, které patří do skupiny pracovních měřidel (měrky, kalibry).

Měřidla se musejí kalibrovat, výsledkem je kalibrační list, lhůtu kalibrace určujeme na základě:

- četnosti používání měřidla,
- podmínek prostředí, ve kterém je měřidlo používáno,
- technického stavu a stáří měřidla,
- doporučení výrobce měřidla uvedeného v technické dokumentaci,
- doporučení metrologického střediska provádějícího kalibraci

Kalibraci podle zákona může provádět subjekt, který vlastní příslušný hlavní podnikový etalon navázaný přes ČMI nepřerušovaným řetězcem na mezinárodní etalon nejvyššího řádu.

Tato podmínka je nedostačující, proto spolehlivé kalibrace mohou provádět akreditované laboratoře nebo ČMI (český metrologický institut).

Základní rovnoběžné měrky

Základní rovnoběžné měrky jsou přesné ocelové destičky nebo hranoly s přesností až na 0,001 mm. Tyto měrky se vyrábějí ve čtyřech stupních přesnosti. Nejpresnější se používají v laboratořích ty nejméně přesné pro dílenskou výrobu.

Kalibry

Kalibry jsou pevná porovnávací měřidla. Používají se především tam, kde je předem stanoven rozsah nepřesnosti. Neměří absolutní hodnotu rozměru, ale porovnává kontrolovaný údaj se dvěma mezními rozměry. Součást odpovídá požadavkům pouze tehdy, pokud rozměr leží mezi mezními rozměry. Kalibry jsou normalizovaná měřidla a vyrábějí se v několika stupních přesnosti. Kalibry mají dvě měřicí části „dobrou“ a „špatnou“ část. Dobrá strana se musí při měření vnitřního rozměru snadno vsunout

do díry nebo pokud jde o vnější rozměr, přesunout přes hřídel. Špatná, zmetková část kalibru nejde vsunout do díry nebo přesunout přes hřídel.

3.3 Přesnost měření

V běžném životě i praxi se používají nejrůznější druhy měřidel. Žádné z měřidel však neměří absolutně přesně. Znamená to tedy, že každé měřidlo měří s určitou chybou. Přesnost měřidla lze odhadnout na základě statistické analýzy.

3.3.1 Základní pojmy přesnosti měření

Definice základních pojmů podle ČSN 01 0115:

Přesnost měření: těsnost shody mezi výsledkem měření a pravou hodnotou. Přesnost je kvalitativní pojem a nedá se přímo kvantifikovat.

Rozlišitelnost: kvantitativní vyjádření způsobilosti indikačního zařízení rozlišit velmi blízké hodnoty indikované veličiny.

Největší dovolená chyba: extrémní hodnota chyby daného měřidla povolená specifikacemi, normou, garantovaná výrobcem apod.

$$\delta = \pm(A + B * L) \leq C \text{ } [\mu\text{m}] \quad (1)$$

kde L – hodnota měřené veličiny v mm

A – konstanta zahrnující vliv náhodných chyb

B - konstanta zahrnující vliv nevyloučených systematických chyb

C – horní hranice chyby δ

Nejistota měření: výsledek k vyhodnocování měření, charakterizující rozsah hodnot, v němž leží pravá hodnota měřené veličiny, obecně s danou věrohodností. Výsledek měření se pravé hodnotě pouze blíží, nikdy se nedá určit za zcela přesný. Aby se změřená hodnota dala definovat za věrohodnou, musí být výsledek měření doplněn o nejistotu měření.

3.3.2 Základní pojmy matematické statistiky

Jak již bylo řečeno v kapitole 3.3 přesnost měřidla lze odhadnout na základě statistické analýzy. Proto je zde vhodné uvést základní pojmy matematické statistiky.

Náhodný výběr

Náhodný výběr znamená, že každá hodnota má stejnou pravděpodobnost, že bude vybrána. Z náhodného výběru stanovíme polohové a rozptylové charakteristiky.

Charakteristiky polohy

Střední hodnota je nejznámější míra polohy ve statistice. Odhadujeme ji pomocí charakteristik vypočtených z naměřených hodnot. Mezi tyto charakteristiky patří:

- výběrový průměr
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$
- modus - nejčtenější hodnota
- medián – dělí statistický soubor na dvě stejně početné poloviny

Charakteristiky rozptýlení

Rozptyl hodnot slouží jako doplněk pro údaj střední hodnoty. Je dán parametrem, který se nazývá rozpětí R a určí se jako:

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (3)$$

Z tohoto vztahu je jasná velikost rozptýlení, ale jak jsou jednotlivé hodnoty rozptýleny kolem střední hodnoty je nejasné. Proto je nutné zjistit **směrodatnou odchylku**, jejíž odhad je dán vztahem:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

Směrodatná odchylka je mírou rozptylu, která je úměrná střední hodnotě vzdálenosti jednotlivých hodnot od aritmetického průměru.

3.3.3 Chyby měření

Při každém měření vznikají určité odchylky naměřené hodnoty od hodnoty skutečné. Při každém procesu měření dochází k chybám. S výsledky měření se pak musí zacházet jako s přibližnými hodnotami a v tom smyslu je také zpracovávat. Provedeme-li určité měření za stejných podmínek vícekrát, jednotlivá měření se mohou odlišovat. To je způsobeno nedokonalostí metod měření, měřicích přístrojů, lidských smyslů i proměnných podmínek při měření. Tyto odchylky nazýváme chybami měření.

Absolutní chybou měření Δ budeme rozumět rozdíl mezi naměřenou hodnotou X_n a pravou hodnotou X_p :

$$\Delta = X_n - X_p \quad (5)$$

Absolutní chyba má rozměr dané veličiny. V praxi při běžném měření nelze nikdy pravou hodnotu přesně určit, můžeme ji pouze odhadnout.

Relativní chybou δ rozumíme podíl absolutní chyby a pravé hodnoty X_p měřené veličiny vyjádřené v procentech:

$$\delta = \frac{\Delta}{X_p} * 100 \text{ [%]} \quad (6)$$

Podle příčin vzniku lze chyby dělit na:

- chyby systematické
- chyby náhodné
- chyby hrubé

Chyby systematické

Tyto chyby zkreslují výsledek měření zcela určitým způsobem a jsou s jistou pravidelností. Obvykle se projevují tak, že vedou k hodnotám, které jsou trvale vyšší nebo nižší než je správná hodnota. Dělí se dále na chyby metody, které jsou dané

nedokonalostí či nepřesností použité metody, chyby přístrojů, které jsou zaviněné nepřesností či nedokonalostí přístrojů a chyby osobní, které jsou dané subjektivními vlastnostmi pozorovatele např. způsob odečítání desetín dílků stupnice. [7]

Chyby náhodné

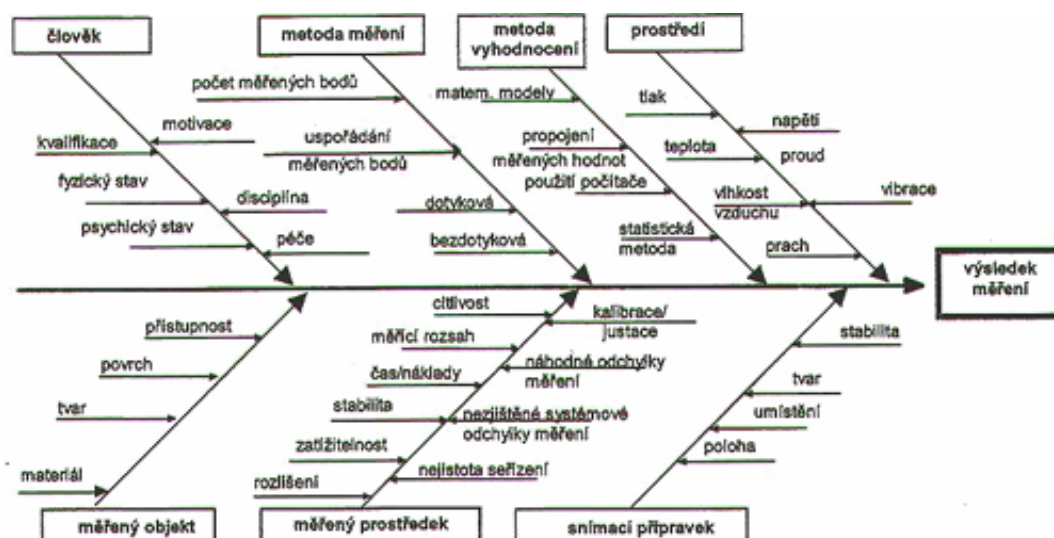
Tyto chyby nejsou pravidelné a nedokážeme určit jejich přesnou příčinu. Při opakovaném měření se tyto chyby mění nepředvídatelným způsobem. Mohou to být např. neměřitelné změny uvnitř přístrojů, kolísání teploty či tlaku, jemné otřesy systému apod.. Chyby zaviněné jednotlivými vlivy nazýváme elementárními chybami a výsledná náhodná chyba je pak dána součtem elementárních chyb. [7]

Chyby hrubé

Tyto chyby jsou zcela nevyzpytatelné a často dosahují takové velikosti, že zcela zkreslí a znehodnotí výsledek. Obvykle jsou snadno rozeznatelné od ostatních chyb a proto je nezbytné vyloučit je ze souboru naměřených hodnot. Omezit riziko jejich vzniku lze důsledným dodržováním měřicích postupů a podmínek operátora. [7]

3.4 Nejistota měření

Nejistota měření charakterizuje rozptýlení (variabilitu) naměřených hodnot okolo výsledků měření, které lze přiřadit měřené veličině. Základem určování nejistot měření je statistický přístup. Předpokládáme určité rozdělení pravděpodobnosti, které popisuje, jak se daná hodnota odchyluje od skutečné hodnoty. Nejistota je interval hodnot výsledku měření, o němž můžeme tvrdit, že uvnitř něho leží pravá hodnota měření. Nejistotou měření rozumíme parametr, který charakterizuje rozsah hodnot okolo výsledku měření, který můžeme přiřadit hodnotě měřené veličiny. Nejistota se netýká pouze výsledků měření, ale i měřicích přístrojů, korekcí apod.. Vlivy komponent působících na výsledky nejistot měření je popsán na obr. 3.



Obr.3 Vlivy na nejistotu výsledků měření [4]

3.4.1 Míra nejistoty měření

Mírou nejistoty měření je směrodatná odchylka udávané veličiny nebo její zvolený násobek. Nejistota výsledku jednoho měření vyjádřená jako směrodatná odchylka, se nazývá:

Standardní nejistota - u , představuje rozsah hodnot kolem naměřené hodnoty. Dělíme ji na standardní nejistoty typu A a typu B.

Standardní nejistoty typu A u_A – stanovují se z opakovaných měření stejné hodnoty měřené veličiny za stejných podmínek. Stoupajícím počtem opakovaných měření, se nejistoty zmenšují. Tyto nejistoty jsou většinou způsobeny náhodnými chybami.

Standardní nejistoty typu B u_B – jsou způsobovány známými a odhadnutelnými příčinami. Určování nejistoty typu B nebývá vždy jednoduché, vyžaduje značné zkušenosti experimentátora.

Kombinovaná standardní nejistota u_c – vychází z nejistot typu A a B. Kombinovaná standardní nejistota udává interval, ve kterém s velkou pravděpodobností bude ležet skutečná hodnota měřené veličiny. Platí, pokud jsou chyby nezávislé.

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (7)$$

Rozšířená (celková) nejistota měření U

Používá se, pokud je požadována větší pravděpodobnost výskytu pravé hodnoty.

$$U = k_U * u_c \quad (8)$$

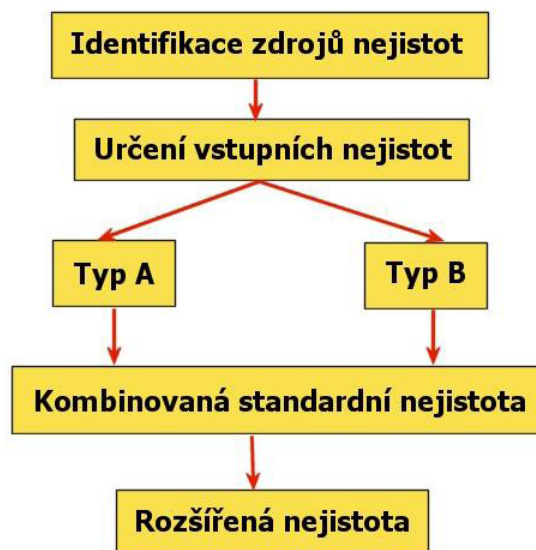
kde k_U je číselný koeficient, který platí pro normální rozdělení hustoty pravděpodobnosti.

Tab.1 Hodnoty koeficientu rozšíření v závislosti na intervalu rozdělení hustoty pravděpodobnosti [7]

Rozdělení $N(\mu, \sigma^2)$ pravděpodobnost P(%)	Koeficient rozšíření $k_U (-)$
68,27	1
95,45	2
99,00	2,58
99,73	3

3.4.2 Metody stanovení a vyhodnocení standardních nejistot

Nejistoty měření se skládají z dílčích nejistot, ke stanovení jejich velikosti jsou k dispozici dvě metody. Metoda typu A je zaměřena na statistické zpracování naměřených údajů. Metoda typu B využívá jiných informací, než statistické zpracování naměřených údajů. Pro vyhodnocení nejistot při měření je potřeba dobré znalosti měření a schopnosti rozhodnout, které vlivy mohou působit jako zdroje nejistoty. Obecný postup pro vyjadřování nejistoty měření, lze shrnout do následujících kroků (obr. 4)



Obr.4 Schématické znázornění postupu určování nejistot

Standardní nejistota měření typu A

Získaná nejistota typu A, je vypočtena z výběrové směrodatné odchylky S_n naměřených hodnot, které se získají opakovaným měřením daného parametru podle vztahu (9). Pro stanovení směrodatné odchylky S_n se doporučuje podle [4] $n=25$ opakovaných měření.

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (9)$$

Mírou nejistoty typu A je tedy směrodatná odchylka výběrového průměru. Standardní nejistoty typu A tedy vypočítáme podle vztahu:

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2} = u_A \quad (10)$$

Menší hodnotu pro u_A dostaneme vícenásobným opakováním měření s rozsahem výběru $n > 1$, pak

$$u_A = S_{xi} = \frac{S_n}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

Opakováním měření s vyhodnocením střední hodnoty se může docílit zmenšení nejistoty měření. Znamená to tedy, že pokud zvýšíme počet opakovaných měření, zmenšíme nejistoty měření. Jestliže se výběrová směrodatná odchylka S_n stanovuje z méně než $n = 10$ měření, měl by následovat výpočet podle metody typu B.

Standardní nejistota měření typu B

Jak již bylo řečeno, vyhodnocení standardních nejistot metody typu B není založeno na statistickém zpracování naměřených hodnot. Mohou posloužit předchozí informace. Nejčastěji to jsou:

- údaje výrobce měřicí techniky
- údaje z dřívějších měření
- údaje získané při kalibraci a z certifikátů
- zkušenosti z předchozích měření
- nejistoty přiřazené referenčním datům z příruček
- naměřené hodnoty na základě méně než $n = 10$ měření

Určování nejistot metodou typu B se vychází z dílčích nejistot. Nejprve se vyberou možné zdroje nejistot Z_1, \dots, Z_n a určí se nejistota u_{BZj} . Známe-li maximální odchylku zdroje nejistoty Z_{\max} určíme nejistotu podle vztahu

$$u_{BZj} = \frac{Z_{\max}}{k} \quad (12)$$

kde k je součinitel vycházející z tabulky rozdělení pravděpodobnosti

Celková nejistota typu B je tedy dána geometrickým součtem nejistot jednotlivých zdrojů

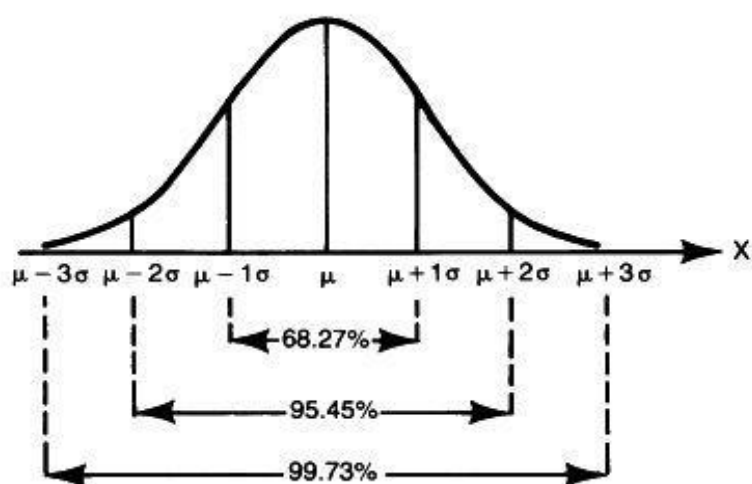
$$u_B = \sqrt{\sum u_{Bi}^2} = \sqrt{u_{B1}^2 + u_{B2}^2 + \dots + u_{Bn}^2} \quad (13)$$

Kombinovaná standardní nejistota se stanoví ze všech složek nejistoty typu A a nejistoty typu B, podle vztahu (7)

Interpretace nejistoty měření – získaná hodnota měřené veličiny y , která je zjištěna s rozšířenou nejistotou U , pak interval $\langle y - U; y + U \rangle$ pokrývá hledanou hodnotu měřené veličiny s pravděpodobností 95%.

3.5 Způsobilost procesu

Způsobilostí procesu se rozumí jeho schopnost trvale dosahovat předem stanovených specifikací. Zjišťujeme ji po odstranění všech systematických vlivů, tedy ve stavu, kdy je proces statisticky zvládnut a sledovaný znak jakosti má normální rozdělení. [11]



Obr.5 Normální rozdělení

3.6 Analýza systému měření (MSA)

Norma [8] považuje studii systémů měření za závaznou pro automobilový průmysl. Protože proces měření vnáší do skutečného výrobního procesu další variabilitu, byla pro hromadnou výrobu vypracována obecná metodika. Ta je návodem na posouzení systému měření, získávání informací až po návod na přijetí možných opatření.

Hlavním rozdílem mezi nejistotou měření a MSA je, že MSA se zaměřuje na porozumění procesu měření a zároveň stanoví velikost chyby v procesu. Posuzuje adekvátnost systému měření pro kontrolu a řízení výrobku a procesu. MSA napomáhá

porozumění a zlepšení (zmenšení variability). Nejistota je interval hodnot, o němž se tvrdí, že uvnitř něho leží pravá hodnota měření.

Analýza měřících systémů je metoda, která se zaměřuje na analýzu zdrojů nejistot měření pro spojitá data. Při měření není důležité mít jen kalibrované měřidlo, ale je důležité sledovat měřící systém jako celek. Cílem této metody je zjistit vliv operátora na naměřené hodnoty. MSA se používá především v automobilovém průmyslu. Existuje několik postupů pro ověření způsobilosti měřidla.

Výsledkem jsou hodnoty C_{gk} (index způsobilosti měřidla) nebo $\%GRR$ (Gage Repeatability and Reproducibility). V praktické části DP se zabýváme metodou opakovatelnosti a reprodukovatelnosti - R&R Repeatability and Reproducibility.

Abychom dokázali určit rozptyl naměřených hodnot, je třeba provádět hodnocení měřícího systému, včetně hodnocení způsobilosti měřícího vybavení. Analýza systému měření má poskytovat informace pro správné rozhodování v oblasti hodnocení produktů i procesů na základě výsledků měření. MSA se dotýká proměnlivosti procesů, hodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měření (R&R), následně pak i statistické regulace procesů a hodnocení způsobilosti.

Při řešení MSA se sleduje:

1. **variabilita polohy** – změna polohy vůči pravé hodnotě, stanoví se zjištěním přesnosti, strannosti, stability a linearity.
2. **variabilita rozptylu** – souvisí s náhodnou chybou měření, stanoví se zjištěním shodnosti, opakovatelnosti a reprodukovatelnosti.
3. **variabilita systému** – hodnotí se zjištěním způsobilosti, funkčnosti měřícího systému a nejistoty měření.[7]

3.7 Proměnlivost měření a charakteristiky výsledků měření

Důvody, proč chceme znát proměnlivost měření jsou dva:

1. Měření používáme ke stanovení, zda je výrobek v toleranci, zda odpovídá požadavkům zákazníka. Dalším, podobným požadavkem zákazníka může být požadavek na dosažení určité míry způsobilosti procesu.

2. Měření používáme ve zpětné vazbě, která slouží k řízení výrobního procesu.

V obou případech ovlivňuje proměnlivost měření naši schopnost se správně rozhodnout. [6]

Po prostudování [7] můžeme říci, že základní vztah mezi variabilitou skutečného výrobního procesu a procesem pozorovaným platí:

$$(celková\ variabilita) = (variabilita\ procesu) + (variabilita\ systému\ měření).$$

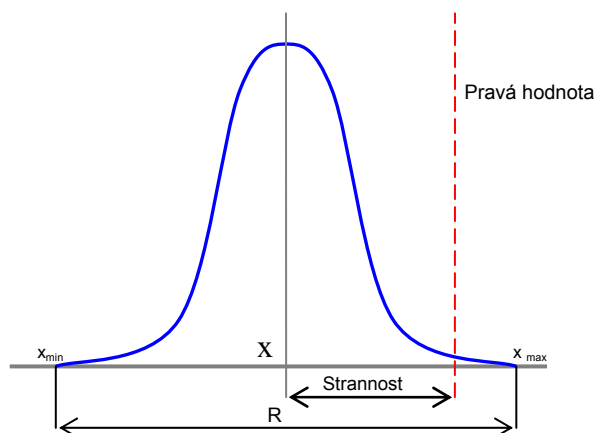
3.7.1 Strannost

Vychýlení – podle MSA představuje celkovou systematickou chybu. Vyjadřuje rozdíl mezi střední hodnotou pozorované veličiny a referenční hodnotou sledovaného znaku. Referenční hodnota slouží jako smluvní reference pro měřené veličiny.

Podmínky pro stanovení strannosti jsou:

- data se získávají z provozního měření za podmínek opakovaného měření
- v krátkém časovém úseku
- stejným operátorem
- stejném měřicím přístroji.

Strannost můžeme eliminovat kalibrací, někdy je ale příčinou operátor (chybné čtení měřidel, zaokrouhlování) nebo špatné seřízení přístroje.

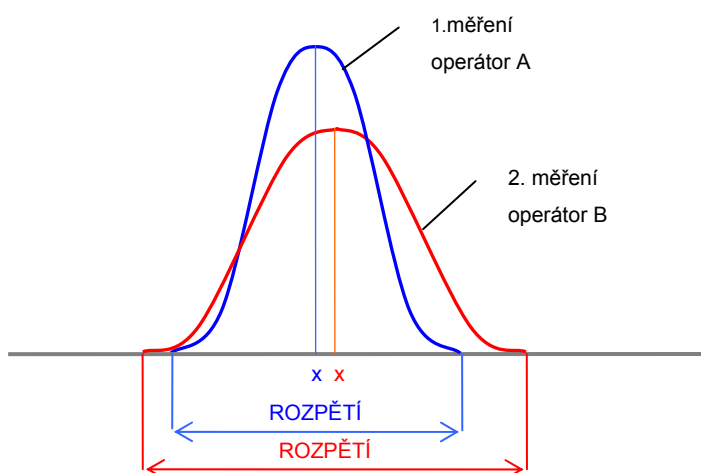


Obr.6 Strannost

3.7.2 Opakovatelnost

Vyjadřuje variabilitu výsledků měření v po sobě jdoucích zkouškách, naměřené jedním měřidlem, stejným operátorem na stejném dílu za konstantních podmínek. Běžně je opakovatelnost označována jako variabilita operátora.

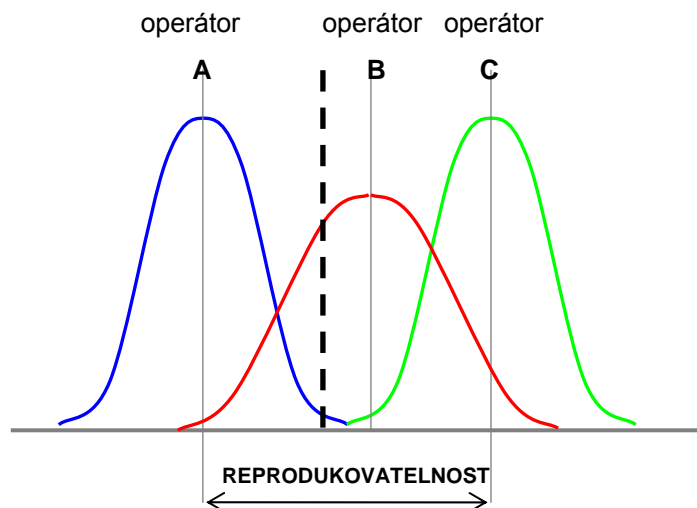
Opakovatelnost můžeme zlepšit do určité míry zajištěním stabilních podmínek. Nelze ji eliminovat, je vyvolána náhodnými příčinami.



Obr.7 Opakovatelnost

3.7.3 Reprodukovatelnost

Vyjadřuje variabilitu průměrů měření provedených různými operátory při použití stejného měřidla a měření stejného znaku u jednoho dílu. Zde je nutné, aby operátoři dodržovali stejné podmínky.

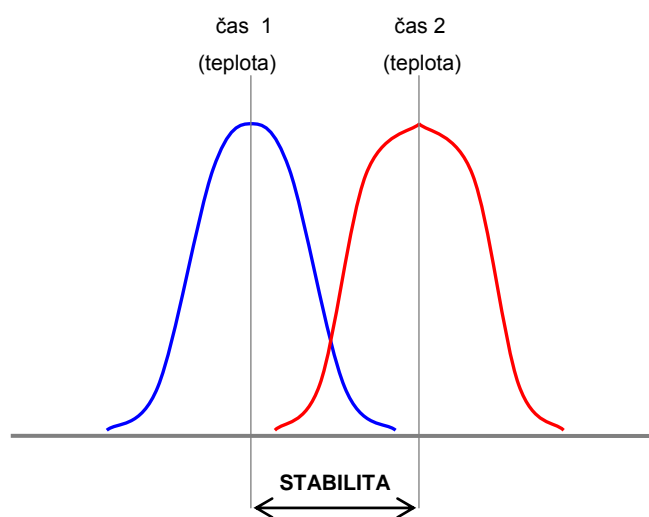


Obr.8 Reprodukovatelnost

3.7.4 Stabilita

Stálost – znamená udržení nastavené hodnoty na pevné úrovni. Stabilita je celková variabilita měření, získaná měřicím systémem na stejném dílu při měření jednoho znaku v delším časovém úseku.

Stabilita je podobná reprodukovatelnosti, s tím, že variabilitu nezpůsobuje hodnotitel, ale čas.



Obr.9 Stabilita

3.7.5 Linearita

Zjišťuje se porovnáním hodnot průměrů výsledků měření jednotlivých dílů s pravou hodnotou. Linearita je změna strannosti v provozním rozsahu. Pokud je měřidlo nelineární, může být jako zdroj nelinearity několik příčin:

- měřidlo není kalibrováno pro celý rozsah
- chyba ve vzorkových kusech
- opotřebování měřidla
- konstrukční znaky měřidla.

3.8 Metoda GRR

U metody GRR se nehodnotí měřidlo samotné, ale posuzuje se jakost celého měřicího systému. Principem je sledování měřidla v časovém okamžiku, kdy se hodnotí dané statistické charakteristiky naměřených dat. Data se porovnávají s charakteristikami z jiných měření a učiní se grafické vyhodnocení.

V celém měřicím systému se vyskytuje variabilita, která ovlivňuje jednotlivá měření, proto je zapotřebí znát jednotlivé vlivy a jejich váhu. V této analýze chceme zjistit vliv měřidla a operátora na výsledky měření.

3.8.1 Vliv operátora

Operátor - metrolog musí vědět, jak měřidlo správně používat a jak analyzovat a interpretovat výsledky. Vedení musí zajistit jasné provozní definice a etalony, výcvik a podporu. Naopak operátor má odpovědnost monitorovat a řídit proces měření tak, aby zajistil stabilní a správné výsledky.

3.8.2 Vztahy v analýze GRR měřidla

Pro představu máme ruční měřidlo používané operátory. Měřicí proces je odpovídající, když výsledky pro operátory jsou opakovatelné a výsledky mezi operátory jsou reprodukovatelné. Měřidlo je schopné rozlišit variabilitu mezi díly, pokud je variabilita měření operátorů malá vzhledem k variabilitě procesu. Procento variability procesu

strávené systémem měření (% GRR) je potom stanoveno jednou, proces měření je odpovídající a může detekovat variabilitu jedné části od druhé. [5]

Variabilita měřicího systému se skládá z variability měřidla, obsluhy měřidla a měřící metody. V literatuře [7] [8] jsou popsány různé metody pro zjištění variability měřicího systému. Diplomová práce uvádí pouze metodu „průměru a rozpětí“ [8], která zjišťuje parametr %GRR (podíl opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla). S touto metodou pracuje i společnost.

3.9 Metoda průměr-rozpětí:

Podmínky pro použití této metody :

- stálost rozměru měřených objektů během studie variability měřicího systému a statisticky nevýznamná interakce mezi měřícím pracovníkem a měřenými díly.

3.9.1 Sběr dat

- a) Zajištění vzorku o $n > 5$ ks, které reprezentují aktuální nebo předpokládaný rozsah variability procesu.
- b) Označení tří měřících operátorů jako operátor A , B a C . Označení vzorků jako 1 až n tak, aby ostatní operátoři toto označení neviděli.
- c) Provedení kalibrace měřidla, pokud je kalibrace měřidla součástí standardního měřicího procesu.
- d) Změření vzorků 1 až n operátorem A v náhodném pořadí. Změření vzorků 1 až n stejným postupem operátory B a C tak, aby neviděli výsledky svých kolegů.
- e) Opakování kroku dvakrát, čímž dostaneme pro vzorky 1 až n tři měření od všech operátorů A , B a C .

3.9.2 Výpočet %GRR

Naměřená data se zanesou do formuláře, ze kterého se vypočítají základní charakteristiky. Z formuláře se vypočítá \bar{R} - aritmetický průměr aritmetických průměrů rozpětí hodnot všech dílů podle jednotlivých operátorů A , B a C podle vzorce:

$$\overline{R} = \frac{R_A + R_B + R_C}{3} \quad (18)$$

Dále následuje výpočet hodnoty \overline{X}_{DIFF} , která udává rozpětí aritmetických průměrů hodnot měřené veličiny všech dílů podle jednotlivých operátorů A, B a C.

$$\overline{X}_{DIFF} = \overline{X}_{\max} - \overline{X}_{\min} \quad (19)$$

Následují výpočty jednotlivých směrodatných odchylek. Vzorce a potřebné konstanty jsou v příloze B „Protokol o opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla“. V této tabulce jsou uvedeny vzorce a hodnoty naměřené při realizaci analýzy. V příloze jsou i vzorce a hodnoty těchto příspěvků variability podle jejich procentuálního podílu na celkové variabilitě.

Nejdříve je nutné vypočítat složku opakovatelnosti měřidla – tedy tu část z celkové variability, která je způsobena vlivem měřidla (EV – Equipment Variation).

$$EV = \overline{R} \cdot K_1 \quad (20)$$

kde konstanta K_1 závisí na počtu měření, hodnoty jsou uvedeny v příloze C

Dále se vypočte variabilita způsobená vlivem operátora (AV – Appraiser Variation), která se označuje jako reprodukovatelnost.

$$AV = \sqrt{\left(\overline{X}_{DIFF} \cdot K_2\right)^2 - \left(\frac{EV^2}{n \cdot r}\right)} \quad (21)$$

kde konstanta K_2 závisí na počtu operátorů, hodnoty jsou uvedeny v příloze C

n počet měření

r počet operátorů

Z vypočtených hodnot se podle vztahu (22) vypočte hodnota GRR (opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla).

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} \quad (22)$$

Variabilitu dílů (PV – Part Variation) se vypočte dle vztahu:

$$PV = R_p \cdot K_3 \quad (23)$$

kde konstanta K_3 závisí na počtu dílů použitých při analýze.

Pokud není známa variabilita procesu ($TV = Total\ Variation$), pak ji lze vypočítat dle vztahu:

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2} \quad (24)$$

Následující vzorce udávají procentuální podíl jednotlivých složek variability procesu.

$$\%EV = 100 \cdot \left(\frac{EV}{T/6} \right) \quad (25)$$

$$\%AV = 100 \cdot \left(\frac{AV}{T/6} \right) \quad (26)$$

$$\%GRR = 100 \cdot \left(\frac{GRR}{T/6} \right) \quad (27)$$

$$\%PV = 100 \cdot \left(\frac{PV}{T/6} \right) \quad (28)$$

Závěrečným krokem je stanovení počtu kategorií, které lze spolehlivě rozlišit systémem měření. Výsledek je zaokrouhlen na nejbližší celé číslo. Je-li počet kategorií menší než 2, pak je měření bezcenné, neboť měřicí systém není schopen rozlišit jeden vzorek od druhého. Je-li počet kategorií roven 2, pak je možné rozlišit dvě skupiny např. dobrý a špatný díl. Je-li počet kategorií roven 3, pak je možné rozlišit tři skupiny např. dobrý,

středně dobrý a špatný díl. Hodnota 4 a vyšší představuje použitelný měřicí systém, který rozliší jednotlivé kategorie vzorků. Čím je tato hodnota vyšší, tím je kvalitnější.

$$ndc = 1,41 \cdot \frac{PV}{GRR} \quad (29)$$

Výstup analýzy *GRR* měřidla zahrnuje i regulační diagram pro průměr \bar{x} a rozpětí *R*. Na ose *x* se obvykle vynášejí oblasti pro jednotlivé operátory a jejich měření výběrů. Uvažují se obvyklé regulační meze pro \bar{x} :

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} + A_2 \bar{R} \quad (30)$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{\bar{x}} - A_2 \bar{R} \quad (31)$$

kde $\bar{\bar{x}}$ je celkový průměr (mezi a uvnitř operátorů)

\bar{R} je odhad variability uvnitř operátorů

A_2 je známý tabelovaný koeficient

Podmínky v diagramu \bar{x} , které ukazují, že proces není statisticky zvládnut, ukazují, že část variability je velká ve srovnání s požadovanou opakovatelností a reprodukovatelností. [5]

Metoda pro konstrukci *R* – diagramu je podobná, neshody mezi operátory se ukáží jako podmínky v *R* – diagramu, které naznačují statisticky nezvládnutý proces.

Pokud je $10\% < \%GRR < 30\%$, je měřicí proces částečně způsobilý. V tomto případě je vyžadována analýza měřicího procesu a následné korekční opatření. Po aplikaci korekčních opatření se vypočítá znovu hodnota $\%GRR$. Jestliže stále platí $10\% < \%GRR < 30\%$, je možné podle zvážení zákazníka měřicí proces schválit s podmínkami či neschválit. Pokud platí $\%GRR > 30\%$, nelze měřicí proces schválit.

3.10 Způsobilost procesu C_P a C_{PK}

Způsobilost procesu (*Process Capability*), je schopnost procesu trvale poskytovat výrobky splňující požadovaná kritéria jakosti. Mírami způsobilosti procesu měření jsou indexy způsobilosti C_P a C_{PK} . Jedná se o způsobilost procesu, nikoliv o způsobilost měřidla. Informace o způsobilosti procesu poskytují zákazníkovi důkaz, že výrobek vzniká za stabilních podmínek.

Indexy způsobilosti porovnávají maximální přípustnou variabilitu daného znaku danou tolerančními mezemi se skutečnou variabilitou daného znaku dosahovanou ve statisticky zvládnutém procesu. Jeho hodnota je dána vztahem:

$$C_P = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (14)$$

Kde: USL – horní toleranční mez

LSL – dolní toleranční mez

σ - směrodatná odchylka

Skutečná variabilita sledovaného znaku je vyjádřena hodnotou 6σ , která v případě normálního rozdělení vymezuje oblast, v níž s 99,73 % pravděpodobností leží hodnota sledovaného znaku.

Index způsobilosti C_{PK} na rozdíl od indexu C_P zohledňuje variabilitu ale i umístění hodnot sledovaného znaku v tolerančním poli. Charakterizuje tím skutečnou způsobilost procesu dodržovat předepsané toleranční meze. Lze jej vypočítat i v případech zadání pouze jednostranných mezí.

$$C_{PK} = \frac{USL - \bar{x}}{3\sigma} \quad (15)$$

$$C_{PK} = \frac{\bar{x} - LSL}{3\sigma} \quad (16)$$

Jsou-li předepsané obě meze, pak:

$$C_{PK} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot \sigma}, \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot \sigma} \right\} \quad (17)$$

Aby byl proces uznán způsobilým, musí splňovat následující podmínky:

$$C_p \geq 1,33$$

$$C_{PK} \geq 1,33$$

Obecně platí, čím menší bude variabilita, tím větší bude index C_{PK} . S růstem indexu C_{PK} klesá pravděpodobnost neshody.

3.11 Způsobilost stroje

Chceme-li řídit proces tak, aby byl způsobilý, je nutné ověřit jeho způsobilost. Proto je nutné mít takový měřicí proces, který je rovněž způsobilý a nezatěžuje výsledek měření velkou variabilitou. Ověření způsobilosti měřicího procesu je popsáno výše. Dalším předpokladem pro způsobilý proces je způsobilost stroje.

Ověření způsobilosti stroje a způsobilosti procesu jsou velmi podobná. Označení způsobilosti stroje hodnotí ukazatelé C_m a C_{mk} .

Pro vyhodnocení C_m a C_{mk} se vzorky odebírají kontinuálně tzn., že není možné vzorky odebírat náhodně. Odebereme minimálně 100 dílů, označíme je a změříme. Není-li možné proměřit po sobě jdoucích 100 dílů, s ohledem na nutné seřízení, výměnu plátků apod.. Bude provedeno měření zkrácené na 50 dílů.³ Z naměřených hodnot se vypočítají charakteristiky potřebné ke stanovení indexů C_m a C_{mk} .

Poloha procesu se určí aritmetickým průměrem podle vzorce (2). Variabilita se určí směrodatnou odchylkou podle vzorce (4). Charakteristiky procesu se zanesou do regulačních diagramů a provede se analýza stability procesu. Pokud proces vyhovuje stanoveným kritériím, vypočítají se indexy způsobilosti stroje.

³ Zdroj: Směrnice Kamax s.r.o.

Indexy způsobilosti stroje C_m se vypočítají dle vztahu :

$$C_m = \frac{USL - LSL}{6 \cdot s} \quad (32)$$

Je-li známa pouze dolní toleranční mez, pak index C_m dán vztahem

$$C_m = \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot s} \quad (33)$$

Je-li známa pouze horní toleranční mez, pak index C_m dán vztahem

$$C_m = \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot s} \quad (34)$$

Kritický index způsobilosti stroje C_{mk} se vypočítají dle vztahu

$$C_{mk} = \min \left\{ \frac{USL - \bar{x}}{3 \cdot s}, \frac{\bar{x} - LSL}{3 \cdot s} \right\} \quad (35)$$

Tento index udává poměr zákazníkem povolené variability a variabilitou procesu. Aby bylo možné považovat analýzu za vyhovující požadavkům, musí splňovat následující podmínky:

$$C_m \geq 1,67$$

$$C_{mk} \geq 1,67$$

4. HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI VE FIRMĚ⁴

4.1 Způsobilost a sledování měřidel

Ve firmě je v provozu cca 4 200 měřidel. Jejich pohyb a evidenci má na starosti oddělení METROLOGIE. Evidence měřidel je prováděna v programu PALSTAT CAQ-DAT (dodavatelem je firma Palstat s.r.o. Vrchlabí). Všechny etalony mají zpracovanou analýzu nejistoty měření. Kalibrace většiny měřidel je prováděna externě v certifikovaných zkušebních laboratořích, jako je např. SZÚ Jablonec nad Nisou. Pro interní kalibrace jsou vytvořené metodiky, podle kterých se postupuje. Používaná měřidla jsou navázána na národní etalony.

Jako teoretický základ je třeba použít standard podle přání zákazníka metodu středních hodnot rozpětí podle QS 9000-MSA, případně způsobilost kontrolního procesu podle VDA 5. Má-li zákazník výslovné požadavky pro použití jiných metod, je třeba tyto metody uvést⁵. Posouzení analýzy se provádí podle směrnic dané normy.

Každý rok se musí provést alespoň 3 prověrky u každé skupiny kontrolních prostředků. Aby bylo možné odvození poznatku o způsobilosti měřících systému a pro volbu a stanovení systému měření, je třeba provést výběr, při braní zřetele na různé kontrolní znaky a tolerance dílu. Pro analýzu systému měření (kontrolních procesů) je třeba použít výrobní díly. Pokud není stanovený žádný kontrolní znak, musí se vybrat kontrolní znaky, jejichž tolerance je max. 0,5 mm. Do analýzy je třeba zapojit také pracovníky z výroby.

4.2 Způsobilost strojů

Způsobilost strojů je vyhodnocována pomocí indexů c_m a c_{mk} . Způsobilost je ověřována dle seznamu ročních prohlídek, dále při nákupu nového stroje či přestěhování stroje. Pro vyhodnocení způsobilosti stroje se používá program DataMyte Analysis and Reporting. Data jsou zadávána automaticky.

⁴ Zdroj: Bartoš Petr, Kamax s.r.o., Kontrolor-statistik

⁵ Zdroj: Směrnice kontroly měřidel – Kamax s.r.o.

Standardní postup zjištění c_m a c_{mk} z nejméně 100 po sobě vyrobených kusů, jako požadavek je stanoven c_m a $c_{mk} \geq 1,67$. Není-li možné proměřit po sobě jdoucích 100 ks, s ohledem na životnost nástroje, nutné seřízení stroje apod. Proveďte se zkrácené měření na 50 ks s opodstatněním v poznámce o hodnocení způsobilosti stroje.

4.3 Způsobilost procesů

Po splnění všech podmínek, následuje analýza způsobilosti procesu. Ta je ověřována pomocí indexů c_p a c_{pk} . K vyhodnocení dat se používá software DataMyte Analysis and Reporting. Při hodnocení způsobilosti procesu měření se sleduje variabilita naměřených hodnot. SPC neboli statistická regulace procesu využívá regulačních diagramů. Nejprve se vybere, pro zákazníka důležitý kontrolní znak, který se pravidelně měří. Pokud chce zákazník měřit jiný, než firmou vybraný kontrolní znak, vyznačí jej na výrobní výkres. Mírami způsobilosti procesu měření jsou indexy způsobilosti C_P , C_{PK} a ostatní statistické ukazatele. Index způsobilosti nabývá kladných hodnot. Je-li hodnota C_P 1,0 až 1,32 hovoříme o podmíněčném uvolnění (nutno rozhodnout o dalším postupu). Je-li $C_P > 1,33$ můžeme říci, že proces je způsobilý. Podle interní normy je standard u variabilních znaků pro firmu $C_{PK} \geq 1,33$ a $C_P \geq 1,67$, pokud zákazník neurčí jiné hodnoty.

4.4 Realizace MSA a její hodnocení

Pro hodnocení způsobilosti měřících sestav byl vybrán šroub M14x1.5x35. Tento typ šroubu byl vybrán záměrně, neboť má poměrně přesné tolerance. Pro hodnocení kontrolního procesu byly vybrány charakteristiky, které jsou popsány v následující tabulce:

Šroub M14x1.5x35

Tab. 2 Vybrané rozměry pro kontrolní proces

Variabilní znak	Rozměr [mm]
Průměr nákrůžku	27.48 -0.82
Délka po hlavu	35 ± 0.5
Výška hlavy	12 ± 0.35

Variabilní znaky jsou znaky spojité veličiny, které se dají měřit s takovou přesností, kterou dovoluje měřicí zařízení.

Atributivní znaky jsou znaky, které mohou nabývat pouze konkrétních hodnot. Spolehlivým příkladem je použití kalibru, výsledkem může být například odpověď ano/ne.

4.4.1 Postup zjišťování způsobilosti měřidel⁶

Způsobilost měřících sestav měřidel je prováděna u každé skupiny měřidel umístěných na pracovišti kontroly a výrobních provozů. Zjišťovací metoda je prováděna 3 pracovníky označených A, B a C.

Pro zjištění způsobilosti měřidel se užívá metodiky MSA – QS 9000 metoda zjištění % GRR. Každý z pracovníků měří 3 krát 10 dílů. Díly byly označeny čísly 1 až 10. Měření se provádí v pořadí 1-10, 10-1 a náhodným výběrem. Hodnoty jsou zaznamenávány přímo do PC. Pracovníci nesmějí znát výsledky měření ostatních pracovníků.

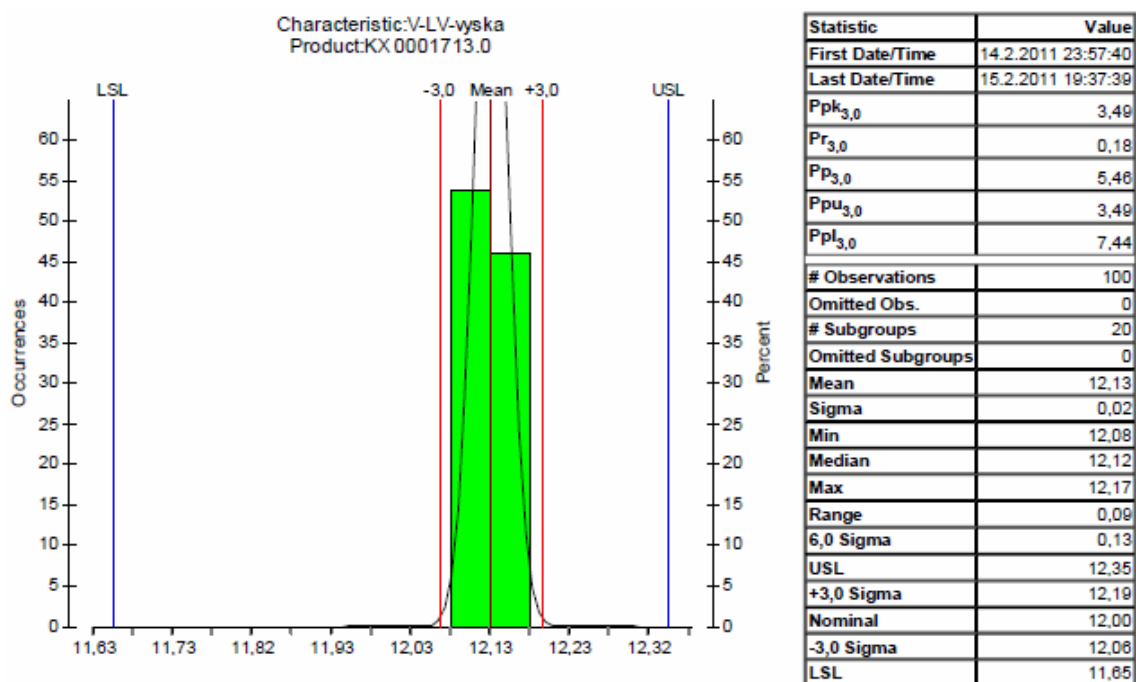
Vyhodnocení se provádí pomocí softwaru PALSTAT CAQ. Správnost funkce softwaru pro hodnocení spolehlivosti měřidel a statistických měřících systémů je testována jednou ročně. K prověření jsou stanoveny testy měřících systémů.

4.4.2 Ověření normality dat

Jak již bylo řečeno v kapitole 3.4, pro použití metody a následné vyhodnocení způsobilosti procesů je nutné, aby data byla z normálního rozdělení.

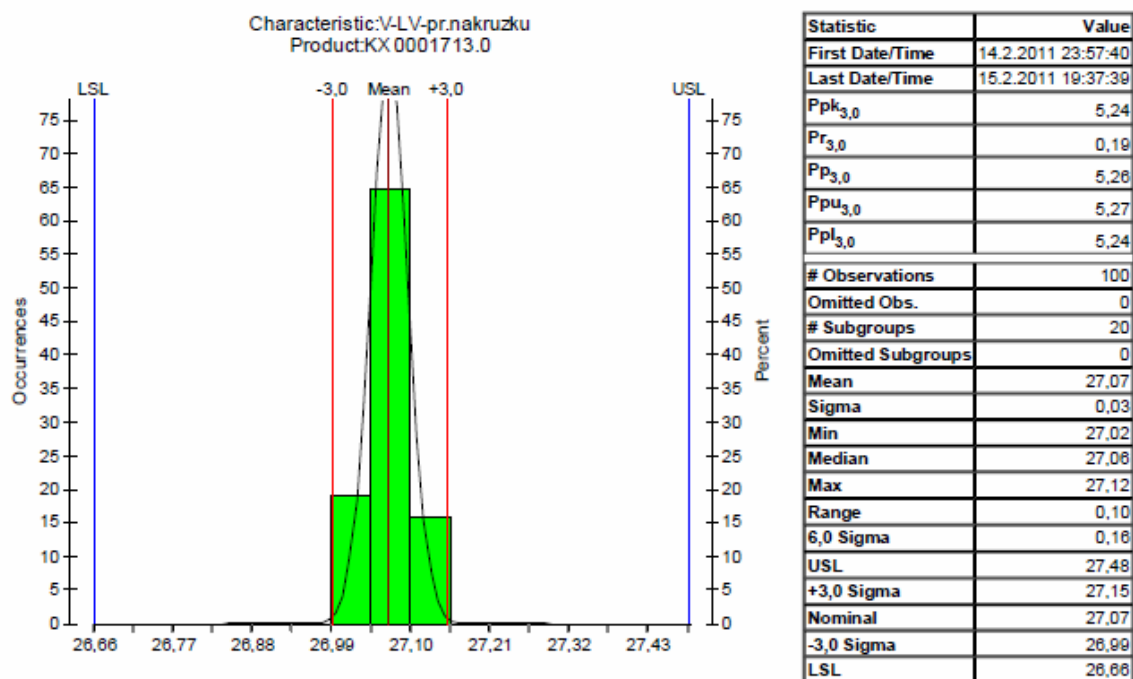
Z histogramů je patrné, že data tuto podmínku splňují. Z obrázku 10 je vidět, že průměrné naměřené hodnoty jsou dostatečně daleko od dolní meze *LSL* a variabilita je nízká.

⁶ Zdroj: Směrnice kontroly měřidel, KAMAX, s.r.o.



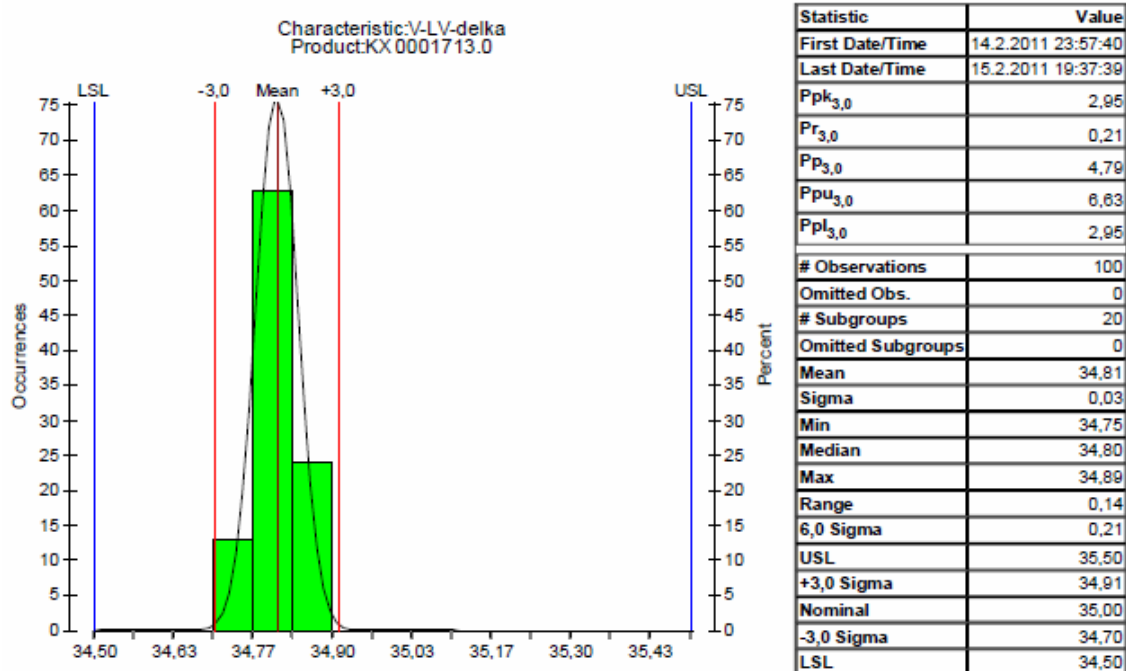
Obr.10 Histogram-rozdělení dat výšky hlavy

Z obrázku 11 je patrné, že variabilita je velmi nízká a kolísá kolem průměrné hodnoty.



Obr.11 Histogram-rozdělení dat průměr nákrůžku

Z obrázku 12 je patrné, že variabilita je nízká, ale hodnoty se blíží dolní hranici *LSL*.



Obr.12 Histogram-rozdělení dat délka po hlavu

4.4.3 Mezní rozhodovací parametry pro určení %GRR:

- %GRR < 10% - měřidlo způsobilé (nová měřidla)
- %GRR 10% - 30% - měřidlo způsobilé (měřidla v sérii a sestavách)
- %GRR > 30% - měřidlo není způsobilé
- ndc > 5

Pokud je %GRR do 30% a *ndc* faktor je větší než 5, je akceptována závislost měřicího systémů a nákladů měřicího systému. Posuzujeme konkrétní místo použití měřidla a porovnáváme ho se stanovenou tolerancí pro zkoušku způsobilosti měřidla a tolerancí stanovenou výkresem výrobního dílu. Jestliže se tolerance zkoušky způsobilosti měřidla pohybuje v 1/10 tolerance dílu, můžeme pro danou sestavu měřidlo použít.

4.4.4 Měřicí sestavy použité při analýze

I. Měřicí sestava pro měření průměru nákrůžku

Měřicí sestava je složena z CORDAMETERU 7120 fy KORDT a digitálního úchylkoměru fy SYLVAC s optickým výstupem. Označení měřidla je C0023. Název měřidla je dvou dotykové obkročné měřidlo. Rozsah úchylkoměru je 0 – 25 mm. Kalibrace byla provedena válečkovým kalibrem.

II. Měřicí sestava pro měření délky šroubu po hlavu

Měřicí sestava je složena z hloubkoměru. Číslo měřidla je L0013. Typ měřidla vestavěný digitální hloubkoměr. Rozsah hloubkoměru je 10 – 80 mm. Kalibrace byla provedena měrkou délky.

III. Měřicí sestava pro měření výšky hlavy

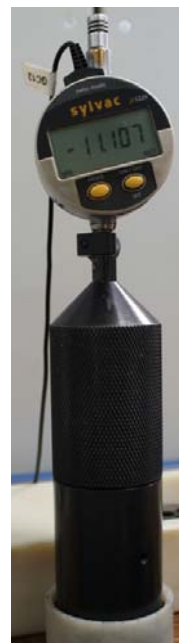
Měřicí sestava je složena z hloubkoměru fy SYLVAC a digitálního úchylkoměru fy SYLVAC s optickým výstupem. Číslo měřidla je L0049. Typ měřidla výška hlavy šroubu. Rozsah úchylkoměru je 0 – 25 mm. Kalibrace byla provedena měrkou výšky.



Obr.13 Měřicí sestava I.



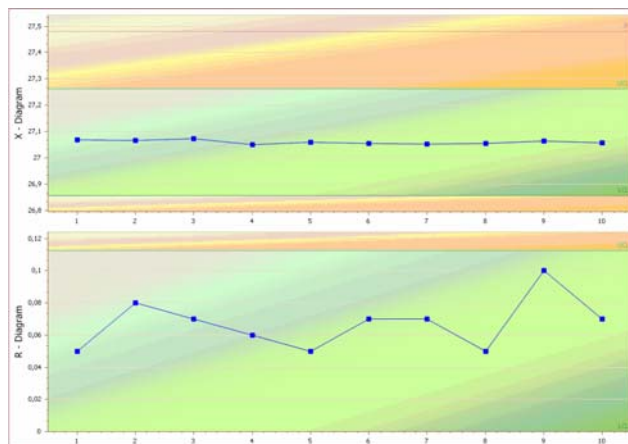
Obr.14 Měřicí sestava II.



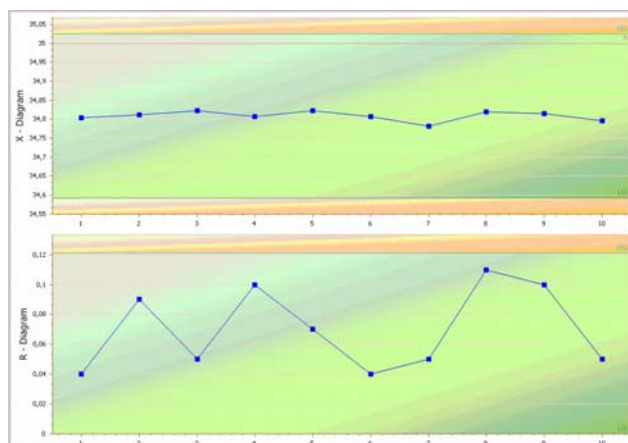
Obr.15 Měřicí sestava III.

4.4.5 Grafické a numerické vyhodnocení %GRR

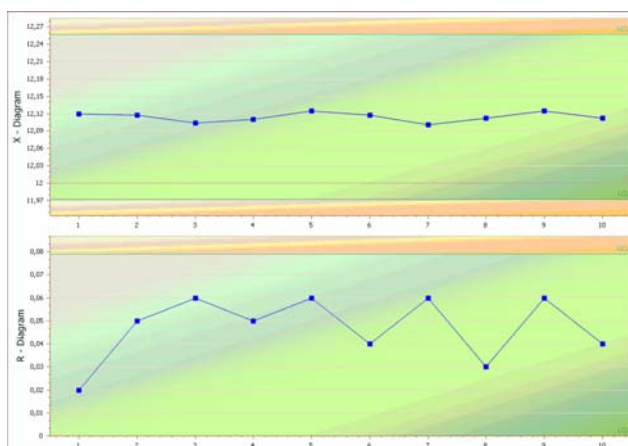
Hodnoty regulačních diagramů pro R a X nepřesáhly vypočítané meze UCL a LCL. Regulační diagramy naznačují, že je proces statisticky zvládnutý.



Obr.16 Průměr nákrůžku - Regulační diagram pro průměr a rozpětí



Obr.17 Délka šroubu po hlavu - Regulační diagram pro průměr a rozpětí



Obr.18 Výška hlavy - Regulační diagram pro průměr a rozpětí

4.4.6 Výpočet %GRR

Výpočet %GRR se provádí pomocí vztahů (20), (21), (22), (23), (24), (25), (26), (27) a (28).

- **Průměr nákrůžku**

Hodnoty z listu pro sběr dat: $\overline{R} = 0,044$

$$\overline{X}_{DIFF} = 0,003$$

$$R_p = 0,022$$

Opakovatelnost-variabilitu zařízení (EV)

$$EV = \overline{R} \cdot K_1 \qquad EV = 0,044 \cdot 0,5908 = 0,026$$

Reprodukovatelnost-variabilitu operátora (AV)

$$AV = \sqrt{\left(\overline{X}_{DIFF} \cdot K_2\right)^2 - \left(\frac{EV^2}{n \cdot r}\right)} \qquad AV = \sqrt{(0,003 \cdot 0,5231)^2 - \left(\frac{0,026^2}{10 \cdot 3}\right)} = 0,000$$

Opakovatelnost a reprodukovatelnost (GRR)

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2} \qquad GRR = \sqrt{0,026^2 + 0,000^2} = 0,026$$

Variabilita dílu (PV)

$$PV = R_p \cdot K_3 \qquad PV = 0,022 \cdot 0,3146 = 0,007$$

Celková variabilita (TV)

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2} \qquad TV = \sqrt{0,026^2 + 0,007^2} = 0,027$$

% Tolerance (T/6)

$$\text{kde } T = \frac{USL - LSL}{6}$$

$$T = \frac{27,48 - 26,66}{6} = 0,137$$

$$\%EV = 100 \cdot \left(\frac{EV}{T/6} \right)$$

$$\%EV = 100 \cdot \left(\frac{0,026}{0,137} \right) = 18,877$$

$$\%AV = 100 \cdot \left(\frac{AV}{T/6} \right)$$

$$\%AV = 100 \cdot \left(\frac{0,000}{0,137} \right) = 0,000$$

$$\%GRR = 100 \cdot \left(\frac{GRR}{T/6} \right)$$

$$\%GRR = 100 \cdot \left(\frac{0,026}{0,137} \right) = \underline{18,877}$$

$$\%PV = 100 \cdot \left(\frac{PV}{T/6} \right)$$

$$\%PV = 100 \cdot \left(\frac{0,007}{0,137} \right) = 5,115$$

Počet rozlišitelných kategorií

$$ndc = 1,41 \cdot \frac{PV}{GRR}$$

$$ndc = 1,41 \cdot \frac{0,007}{0,026} = 0,382 \approx 0$$

Měřicí systém **vyhovuje**.

- **Délka po hlavu**

Hodnoty z listu pro sběr dat: $\overline{\overline{R}} = 0,047$

$$\overline{X}_{DIFF} = 0,015$$

$$R_p = 0,040$$

Opakovatelnost-variabilitu zařízení (EV)

$$EV = \overline{\overline{R}} \cdot K_1$$

$$EV = 0,047 \cdot 0,591 = 0,028$$

Reprodukovatelnost-variabilitu operátora (AV)

$$AV = \sqrt{\left(\overline{X}_{DIFF} \cdot K_2\right)^2 - \left(\frac{EV^2}{n \cdot r}\right)}$$

$$AV = \sqrt{(0,015 \cdot 0,523)^2 - \left(\frac{0,028^2}{10 \cdot 3}\right)} = 0,006$$

Opakovatelnost a reprodukovatelnost (GRR)

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$$

$$GRR = \sqrt{0,028^2 + 0,006^2} = 0,028$$

Variabilita dílu (PV)

$$PV = R_p \cdot K_3$$

$$PV = 0,040 \cdot 0,3146 = 0,013$$

Celková variabilita (TV)

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$$

$$TV = \sqrt{0,028^2 + 0,013^2} = 0,031$$

% Tolerance (T/6)

$$\text{kde } T = \frac{USL - LSL}{6}$$

$$T = \frac{35,5 - 34,5}{6} = 0,167$$

$$\%EV = 100 \cdot \left(\frac{EV}{T/6} \right)$$

$$\%EV = 100 \cdot \left(\frac{0,028}{0,167} \right) = 16,661$$

$$\%AV = 100 \cdot \left(\frac{AV}{T/6} \right)$$

$$\%AV = 100 \cdot \left(\frac{0,006}{0,167} \right) = 3,455$$

$$\%GRR = 100 \cdot \left(\frac{GRR}{T/6} \right)$$

$$\%GRR = 100 \cdot \left(\frac{0,028}{0,167} \right) = \underline{17,015}$$

$$\%PV = 100 \cdot \left(\frac{PV}{T/6} \right)$$

$$\%PV = 100 \cdot \left(\frac{0,013}{0,167} \right) = 7,550$$

Počet rozlišitelných kategorií

$$ndc = 1,41 \cdot \frac{PV}{GRR}$$

$$ndc = 1,41 \cdot \frac{0,013}{0,028} = 0,626 \approx 0$$

Měřicí systém **vyhovuje**.

- **Výška hlavy**

Hodnoty z listu pro sběr dat: $\overline{\overline{R}} = 0,031$

$$\overline{X}_{DIFF} = 0,006$$

$$R_p = 0,023$$

Opakovatelnost-variabilitu zařízení (EV)

$$EV = \overline{\overline{R}} \cdot K_1$$

$$EV = 0,031 \cdot 0,5908 = 0,018$$

Reprodukovatelnost-variabilitu operátora (AV)

$$AV = \sqrt{\left(\overline{X}_{DIFF} \cdot K_2\right)^2 - \left(\frac{EV^2}{n \cdot r}\right)} \quad AV = \sqrt{(0,006 \cdot 0,5231)^2 - \left(\frac{0,018^2}{10 \cdot 3}\right)} = 0,000$$

Opakovatelnost a reprodukovatelnost (GRR)

$$GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$$

$$GRR = \sqrt{0,018^2 + 0,000^2} = 0,018$$

Variabilita dílu (PV)

$$PV = R_p \cdot K_3$$

$$PV = 0,023 \cdot 0,3146 = 0,007$$

Celková variabilita (TV)

$$TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$$

$$TV = \sqrt{0,018^2 + 0,007^2} = 0,020$$

% Tolerance (T/6)

$$\text{kde } T = \frac{USL - LSL}{6}$$

$$T = \frac{12,35 - 11,65}{6} = 0,117$$

$$\%EV = 100 \cdot \left(\frac{EV}{T/6} \right)$$

$$\%EV = 100 \cdot \left(\frac{0,018}{0,117} \right) = 15,530$$

$$\%AV = 100 \cdot \left(\frac{AV}{T/6} \right)$$

$$\%AV = 100 \cdot \left(\frac{1,84E-4}{0,117} \right) = 0,158$$

$$\%GRR = 100 \cdot \left(\frac{GRR}{T/6} \right)$$

$$\%GRR = 100 \cdot \left(\frac{0,018}{0,117} \right) = \underline{15,530}$$

$$\%PV = 100 \cdot \left(\frac{PV}{T/6} \right)$$

$$\%PV = 100 \cdot \left(\frac{0,007}{0,117} \right) = 6,292$$

Počet rozlišitelných kategorií

$$ndc = 1,41 \cdot \frac{PV}{GRR}$$

$$ndc = 1,41 \cdot \frac{0,007}{0,018} = 0,571 \approx 0$$

Měřicí systém **vyhovuje**.

4.4.7 Výsledky a diskuze

Pro všechny sestavy byla udělána analýza měřící jednotky. Výsledné hodnoty opakovatelnosti-reprodukovatelnosti (%*GRR*) a *ndc* faktoru jsou uvedené v tab. 3.

Tab.3 Hodnoty %*GRR* a *ndc*

Sestava	<i>GRR</i> [%]	<i>ndc</i>
Průměr nákrůžku	18,83	0
Délka po hlavu	17,015	0
Výška hlavy	15,53	0

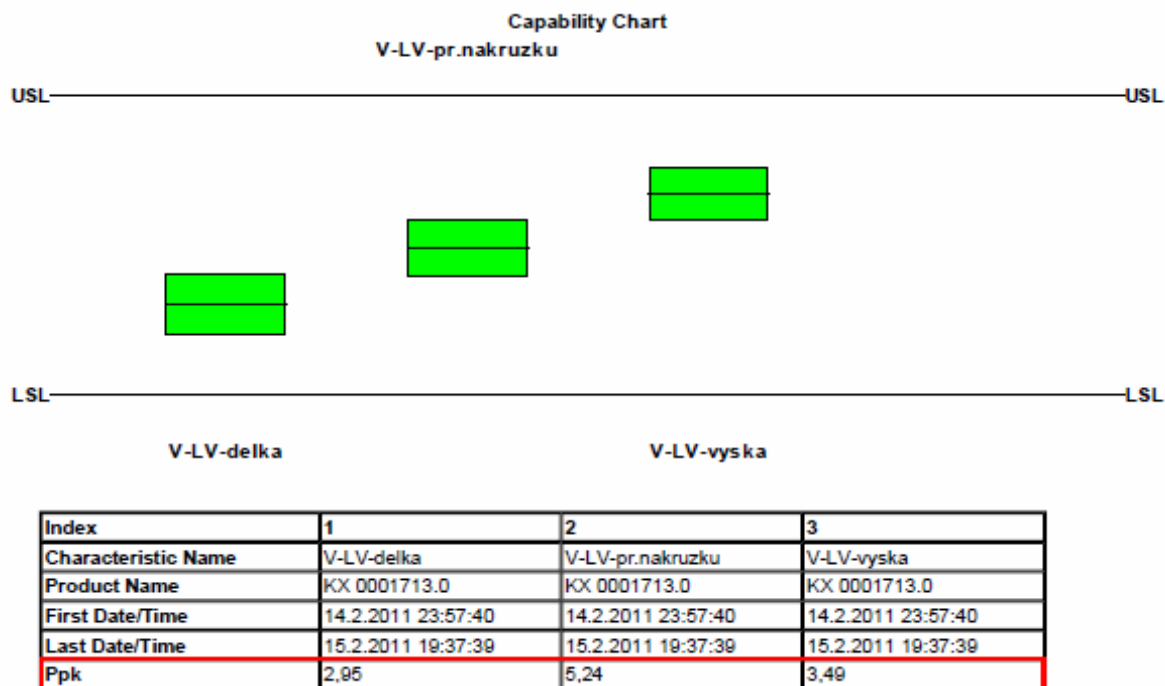
U všech sledovaných měřících sestav vyšla hodnota opakovatelnosti a reprodukovatelnosti v rozmezí 15 až 19%. Hodnoty se pohybují v první polovině povolené tolerance. Můžeme tedy říci, že měřící proces je způsobilý pro všechny analyzované měřící sestavy.

Počet rozlišitelných kategorií (*ndc*) vyšel nulový. Toto lze vysvětlit tím, že výrobek vzniká za stabilních podmínek a proces je plně způsobilý. Jako důkaz přikládám výkonnost výrobního procesu, ze kterého byly vzorky odebrány (obr. 15).

Ukazatele výkonnosti vycházejí z variability za delší časové období, měřenou celkovou směrodatnou odchylkou za toto období.

Ze základního souboru bylo vyhodnoceno 100 kusů. Regulační karty jednotlivých znaků jsou v příloze D. Hodnoty regulačních diagramů pro průměr *X* a rozpětí *R* nepřesáhly vypočítané meze *UCL* a *LCL*. U všech sledovaných znaků hodnoty kolísají v blízkosti centrální přímky *CL*. V regulačním diagramu pro *X* jsou všechny hodnoty za sebou, což potvrzuje stabilitu procesu. Stejně vyhodnocení platí i pro zákazníka.

Výkonnost výrobního procesu pro průměr nákrůžku je $P_{PK}=5,24$, délku po hlavu $P_{PK}=2,95$ a výšku hlavy $P_{PK}=3,49$. Důkaz o způsobilosti procesu je na obr. 19.



Obr.19 Výkonnost procesů

Pro splnění požadavku $ndc > 5$ by bylo zapotřebí mít vzorky v celém rozsahu tolerance. Jsou tři možnosti, jak tyto vzorky získat:

1. Seřídít stroj tak, aby vyráběl vzorky na spodní hranici tolerance, odebrat vzorky. Znovu stroj seřídít na horní hranici tolerance a odebrat vzorky. Jedno seřízení stroje trvá 8hod. Firma si z ekonomických i provozních důvodů nemůže dovolit zastavit výrobu na jeden den.
2. Druhá možnost je odebírání vzorků z různých zakázek. Tato možnost je časově náročná. Během zpracování této diplomové práce nebylo více stejných zakázek, a proto nebylo možné odebrat vzorky v celém rozsahu tolerance.
3. Třetí možnost je nechat si vyrobit vzorek tzv. mustr, který by splňoval požadované tolerance. Tato možnost je opět finančně i časově náročná.

Pro firmu je důležitý parametr $\%GRR$. U všech sledovaných měřících sestav tento parametr splňuje požadavky. Můžeme tedy říct, že měřící proces je způsobilý.

4.5 Návrhy opatření

Přesto, že můžeme říci, že měřicí proces je způsobilý. Měli by být v rámci fungujícího systému řízení měřicích procesů důležité následující činnosti.

Ověřování procesů měření, na základě výsledků procesů měření je třeba provádět pravidelné ověřování měřicích procesů, dokumentovat výsledky a zavést jasné označování vyhovujících prvků.

Vést komplexní dokumentaci. Důležité je udržovat záznamy na prokázání požadavků na proces měření. Záznamy musí obsahovat úplný popis zavedeného systému řízení procesu měření. Popis zahrnuje všechny prvky procesu měření, všechny důležité informace pro nejistoty. Údaje o nápravných opatřeních, identifikaci všech důležitých dokumentů, identifikaci personálu odpovědného za přípravu údajů pro záznamy, požadavky na kvalifikaci, postup archivace a ochrany záznamů.

Pravidelná prověrka systému řízení procesů měření s použitím mezilaboratorních porovnávání a stížností zákazníků.

5. ZÁVĚR

Práce se zabývala analýzou měřících systémů na třech znacích jakosti pevnostního šroubu. Byla použita metodika MSA - metoda založená na průměru a rozpětí. Tato metoda poskytuje jak odhad opakovatelnosti, tak i reprodukovatelnosti systému měření. Dovoluje variabilitu systému rozložit na dvě samostatné složky.

Při vyhodnocování schopnosti měřících sestav, bylo zjištěno, že používané sestavy splňují podmínky pro svoje používání při výrobě pevnostních šroubů.

Pro daný výrobek pevnostní šroub M14x1.5x35 byly vybrány tři variabilní znaky (průměr nákržku, délka šroubu po hlavu a výška hlavy). Pro každý znak pak byla vybrána měřící sestava, na které proběhla realizace opakovatelnosti a reprodukovatelnosti. Data byla naměřena ve výrobě a zaznamenávána do záznamové stanice DA-MY.

Vyhodnocení proběhlo v softwaru PALSTAT CAQ, jehož výstupy jsem následně vyhodnotila. Výsledky byly diskutovány s Ing. Černým a p. Bartošem.

Během zpracování diplomové práce byly aplikovány poznatky vysvětlené v teoretické části. Výsledky ukazují, že procesy mají vynikající hodnoty stability a jsou plně způsobilé. Výrobky firmy KAMAX s.r.o. splňují náročné požadavky na jakost a tedy i bezpečnost komponent pro automobilový průmysl.

Snahou hodnocení procesů měření je neustálé udržování měřícího systému ve statisticky zvládnutém stavu současně s jeho způsobilostí pro plnění požadavků, které jsou na něj kladeny.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KAMAX, s.r.o., Dostupné z: www.kamax.com/cz/podnik/historie/ [citováno: 13.12.2010]
- [2] Systém managementu jakosti, Dostupné z: www.tuev-nord.cz/downloads/Czech/AUTOMOBILOVY_PRUMYSL.pdf [citováno: 13.1.2011]
- [3] KOTLER, P.: *Marketing a management*, 9. vydání, Praha, Grada Publishing, 1998, ISBN 80-7169-600-5
- [4] VDA 5 Způsobilost kontrolních procesů, 1. vydání, Praha: Česká společnost pro jakost 2004. ISBN 80-02-01656-4.
- [5] Popis metody R&R. Dostupné z: <http://u12134.fsid.cvut.cz/> [citováno: 7.1.2011]
- [6] Základní statistické nástroje pro automobilový průmysl. Dostupné z: www.interquality.cz/ [citováno: 15.1.2011]
- [7] TŮMOVÁ, O.: *Metrologie a hodnocení procesů*. 1. vydání. Praha: BEN-technická literatura 2009. ISBN 978-80-7300-249-7.
- [8] Chrysler Corporation, Ford Motor Company and General Motors Corporation. *Measurement Systems Analysis – Reference Manual*. 3rd ed. 2002.
- [9] Meloun, M., Militký, J.: Statistické zpracování experimentálních dat. EAST PUBLISHING Praha 1998, 840 stran, ISBN 80-7219-003-2
- [10] Meloun M., Militký J.: Kompendium statistického zpracování dat. Academica, Praha, 2002
- [11] Fabian, F. a kolektiv: Statistické metody řízení jakosti. 1. vydání. Praha: Česká společnost pro jakost. 2007. ISBN 978-80-02-01897-1
- [12] Plura J. Plánování a neustálé zlepšování jakosti. 1. Vydání. Praha: Computer Press. 2001. ISBN 80-7226-543-1
- [13] Vdoleček, F.; Pelenčár, R.; Kurková, E; Řízení procesů měření. Časopis Automa. 2002, č. 10. ISSN 1210-9592.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1	Logo firmy KAMAX s.r.o.....	13
Obr.2	Měřicí stanice Data-Myte	15
Obr.3	Vlivy na nejistotu výsledků měření [4].....	22
Obr.4	Schématické znázornění postupu určování nejistot.....	24
Obr.5	Normální rozdělení.....	26
Obr.6	Strannost	28
Obr.7	Opakovatelnost.....	29
Obr.8	Reprodukovatelnost.....	30
Obr.9	Stabilita	30
Obr.10	Histogram-rozdělení dat výšky hlavy	42
Obr.11	Histogram-rozdělení dat průměr nákrůžku.....	42
Obr.12	Histogram-rozdělení dat délka po hlavu.....	43
Obr.16	Průměr nákrůžku - Regulační diagram pro průměr a rozpětí	45
Obr.17	Délka šroubu po hlavu - Regulační diagram pro průměr a rozpětí.....	45
Obr.18	Výška hlavy - Regulační diagram pro průměr a rozpětí	45
Obr.19	Výkonnost procesů	53

SEZNAM PŘÍLOH

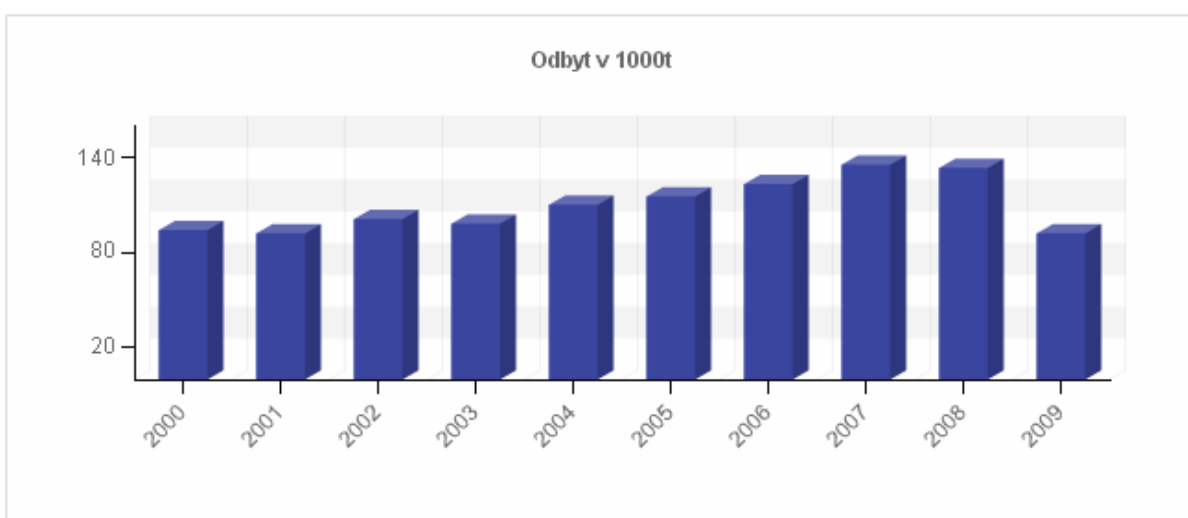
Příloha A:	Kamax s.r.o. v číslech
Příloha B:	Výrobní výkres dílu
Příloha C:	List pro sběr dat Výpočet %GRR
Příloha D:	Regulační karty

Příloha A:

Kamax s.r.o. v číslech



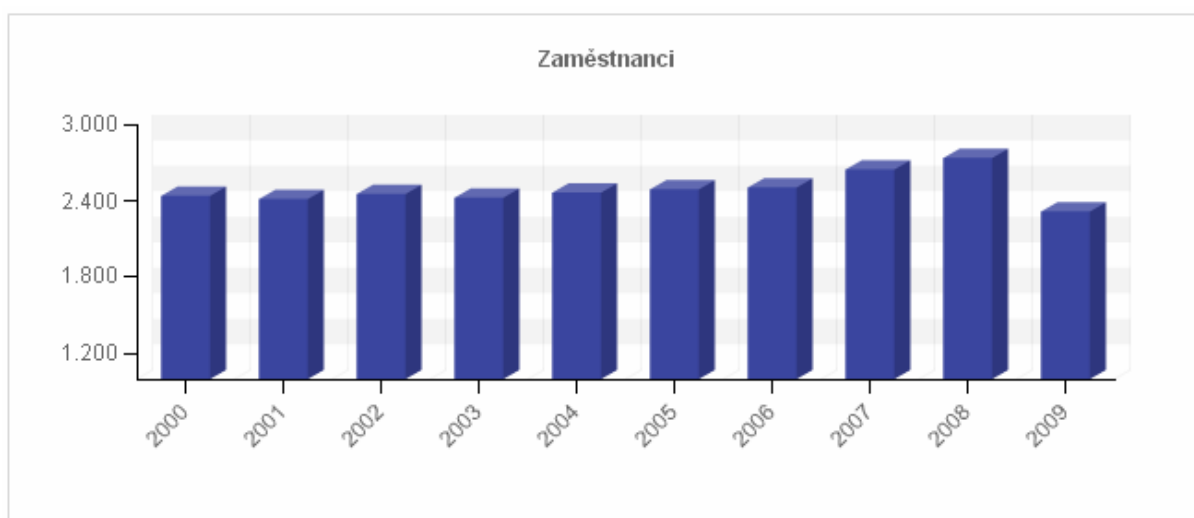
Tržby z prodeje v mil. EUR



Odbyt v 1000t



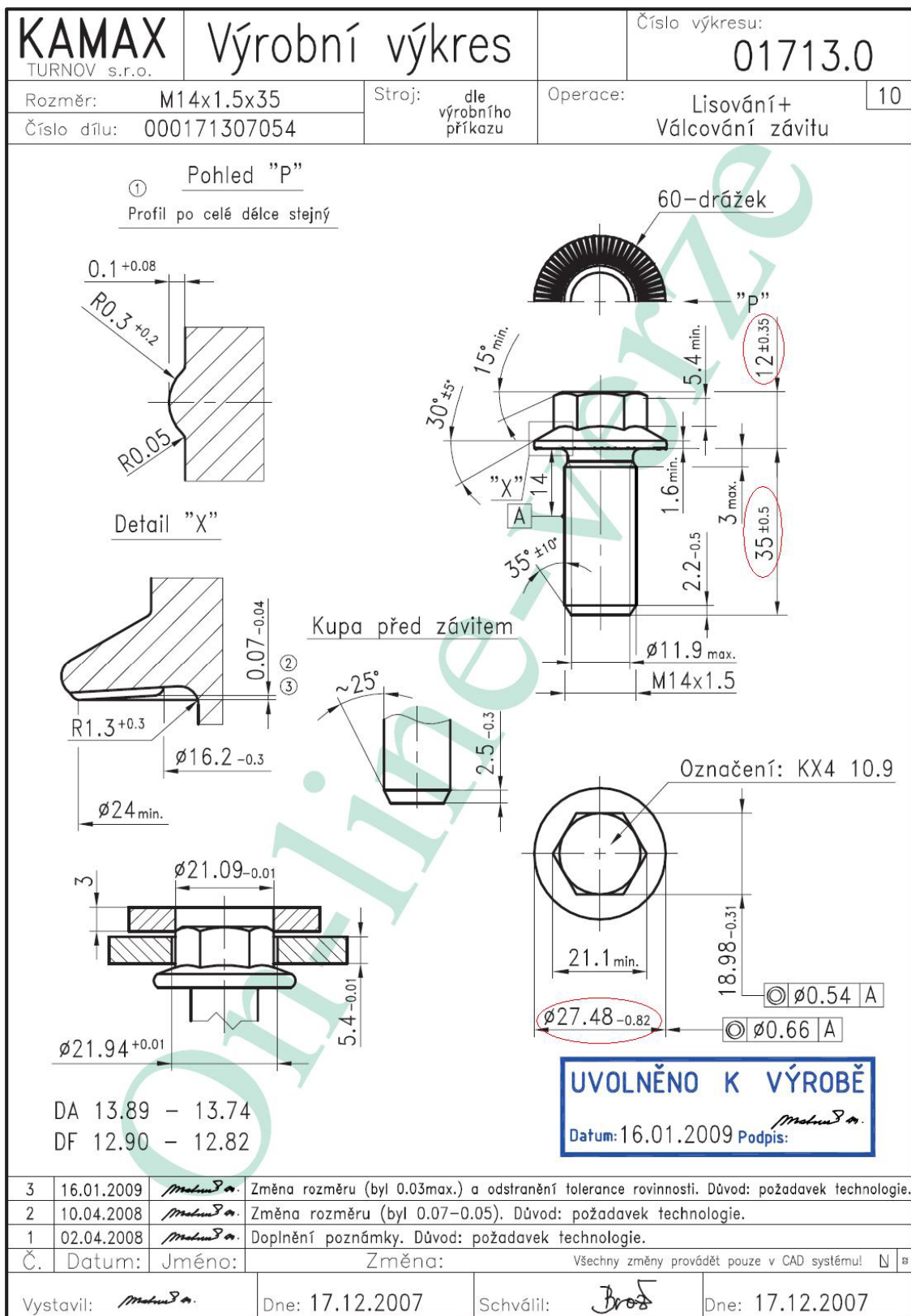
Odbyt v mld. kusů



Počet zaměstnanců

Příloha B:

Výrobní výkres dílu



Příloha C:

List pro sběr dat

Výpočet %GRR

Průměr nákrůžku

List pro sběr dat o opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla

Operátor Číslo měření	Díl										Průměr	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A	1	27,080	27,100	27,060	27,030	27,050	27,040	27,080	27,040	27,050	27,060	27,059
	2	27,050	27,040	27,050	27,070	27,050	27,040	27,040	27,080	27,120	27,090	27,063
	3	27,090	27,070	27,120	27,050	27,060	27,070	27,020	27,050	27,050	27,060	27,064
	Průměr	27,073	27,070	27,077	27,050	27,053	27,050	27,047	27,057	27,073	27,070	Xa = 27,062
	Rozpětí	0,040	0,060	0,070	0,040	0,010	0,030	0,060	0,040	0,070	0,030	Ra = 0,0449999999 999999
B	1	27,090	27,110	27,060	27,050	27,060	27,100	27,030	27,060	27,020	27,030	27,061
	2	27,040	27,030	27,060	27,020	27,090	27,060	27,060	27,060	27,090	27,090	27,06
	3	27,080	27,050	27,090	27,050	27,070	27,050	27,090	27,040	27,040	27,020	27,058
	Průměr	27,070	27,063	27,070	27,040	27,073	27,070	27,060	27,053	27,050	27,047	Xb = 27,059666666 6667
	Rozpětí	0,050	0,080	0,030	0,030	0,030	0,050	0,060	0,020	0,070	0,070	Rb = 0,0490000000 000002
C	1	27,060	27,090	27,090	27,040	27,040	27,060	27,060	27,060	27,040	27,070	27,061
	2	27,080	27,050	27,050	27,070	27,060	27,030	27,040	27,080	27,100	27,060	27,062
	3	27,050	27,060	27,080	27,080	27,050	27,050	27,060	27,030	27,060	27,030	27,055
	Průměr	27,063	27,067	27,073	27,063	27,050	27,047	27,053	27,057	27,067	27,053	Xc = 27,059333333 3333
	Rozpětí	0,030	0,040	0,040	0,040	0,020	0,030	0,020	0,050	0,060	0,040	Rc = 0,0369999999 99999
	Průměr pro díl	27,069	27,067	27,073	27,051	27,059	27,056	27,053	27,056	27,063	27,057	27,060333333 3333
$([Ra = 0,04499999999999999] + [Rb = 0,04900000000000002] + [Rc = 0,03699999999999999]) / [\text{Počet operátorů} = 3] =$												R" = 0,04366666666 6664
$[\text{Max } X = 27,12] - [\text{Min } X = 27,0] = X_{\text{diff}} = 0,0026$												
$* [R'' = 0,0436] \times [D_4 = 2,574] = UCL_r = 0$												
* D4 = 3,27 pro 2 měření a 2,58 pro 3 měření. UCLr představuje mez pro jednotlivá R. Do kroužku se dají hodnoty mimo tuto mez. Identifikuje se příčina a uskuteční se náprava. Čtení se opakuje se stejným operátorem a na téže jednotce, která byla původně použita, nebo se hodnoty vyřadí a opakovaně se vypočítá průměr a ze zbývajících pozorování se přepočítá R" a mez.												
Poznámky:												

Protokol opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla											
Číslo dílu:	000171307054	Číslo měřidla:	C0023								
Název dílu:	BUND-A6KT M14x1,5x35	Název měřidla:	Obkročné měřidlo								
Znaky:	průměr nákrůžku	Typ měřidla:									
Specifikace:	26,66 - 27,48										
Hodnoty z listu pro sběr dat:	$\bar{R} = 0,044$	$\bar{X}_{DIFF} = 0,003$	$R_p = 0,022$								
Analýza měřicí jednotky		% tolerance (% tolerance (T/6))									
Opakovatelnost - variabilita zařízení (EV) $EV = \bar{R} * K_1$ $EV = 0,044 * 0,591$ $= 0,026$		$\%EV = 100 [EV/100 [EV/T/6]]$ $= 100 [0,026/0,137]$ $= 18,877$									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Počet měření</th> <th>K1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>0,8862</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,5908</td> </tr> </tbody> </table>		Počet měření	K1	2	0,8862	3	0,5908				
Počet měření	K1										
2	0,8862										
3	0,5908										
Reprodukovatelnost - variabilita operátora (AV) $AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} * K_2)^2 - \left(\frac{EV^2}{n * r}\right)}$ $AV = \sqrt{(0,003 * 0,523)^2 - \left(\frac{0,026^2}{10 * 3}\right)}$ $= 0,000$		$\%AV = 100 [AV/100 [AV/T/6]]$ $= 100 [0,000/0,137]$ $= 0,000$									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Operátoři</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>K2</td> <td>0,7071</td> <td>0,5231</td> </tr> </tbody> </table>		Operátoři	2	3	K2	0,7071	0,5231				
Operátoři	2	3									
K2	0,7071	0,5231									
Opakovatelnost a reprodukovatelnost (GRR) $GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$ $GRR = \sqrt{0,026^2 + 0,000^2}$ $= 0,026$		$\%GRR = 100 [GRR/100 [GRR/T/6]]$ $= 100 [0,026/0,137]$ $= 18,877$									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Díly</th> <th>K3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2</td> <td>0,7071</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,5231</td> </tr> </tbody> </table>		Díly	K3	2	0,7071	3	0,5231				
Díly	K3										
2	0,7071										
3	0,5231										
Variabilita dílu (PV) $PV = R_p * K_3$ $= 0,007$		$\%PV = 100 [PV/100 [PV/T/6]]$ $= 100 [0,007/0,137]$ $= 5,115$									
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>4</td> <td>0,4467</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>0,4030</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>0,3742</td> </tr> </tbody> </table>		4	0,4467	5	0,4030	6	0,3742				
4	0,4467										
5	0,4030										
6	0,3742										
Celková variabilita (TV) $TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$ $TV = \sqrt{0,026^2 + 0,007^2}$ $= 0,027$		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>7</td> <td>0,3534</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>0,3375</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>0,3249</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>0,3146</td> </tr> </tbody> </table>		7	0,3534	8	0,3375	9	0,3249	10	0,3146
7	0,3534										
8	0,3375										
9	0,3249										
10	0,3146										
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>ndc</td> <td>1,41 [PV/GRR]</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1,41 [0,007/0,026]</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,382 ~ 0</td> </tr> </tbody> </table>		ndc	1,41 [PV/GRR]		1,41 [0,007/0,026]		0,382 ~ 0				
ndc	1,41 [PV/GRR]										
	1,41 [0,007/0,026]										
	0,382 ~ 0										
Kontrolor 1 Bartoš P. Kontrolor 2 Kvapilová V. Kontrolor 3 Šíkola L. Informace a teorii o konstantách ve formuláři - viz. Příručka MSA Reference Manual, 3. vydání											

Délka po hlavu

List pro sběr dat o opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla

Operátor Číslo měření	DÍL										Průměr	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A	1	34,800	34,850	34,820	34,790	34,840	34,790	34,810	34,890	34,800	34,810	34,82
	2	34,800	34,780	34,850	34,800	34,790	34,830	34,780	34,800	34,850	34,800	34,808
	3	34,800	34,800	34,810	34,850	34,860	34,810	34,770	34,800	34,810	34,780	34,809
Průměr		34,800	34,810	34,827	34,813	34,830	34,810	34,787	34,830	34,820	34,797	Xa = 34,812333333 3333
Rozpětí		0,000	0,070	0,040	0,060	0,070	0,040	0,040	0,090	0,050	0,030	Ra = 0,0490000000 000009
B	1	34,800	34,860	34,810	34,760	34,810	34,800	34,790	34,830	34,770	34,800	34,803
	2	34,800	34,770	34,840	34,800	34,790	34,800	34,760	34,800	34,830	34,800	34,799
	3	34,790	34,780	34,810	34,830	34,830	34,810	34,760	34,780	34,800	34,760	34,795
Průměr		34,797	34,803	34,820	34,797	34,810	34,803	34,770	34,803	34,800	34,787	Xb = 34,799
Rozpětí		0,010	0,090	0,030	0,070	0,040	0,010	0,030	0,050	0,060	0,040	Rb = 0,0429999999 999993
C	1	34,790	34,860	34,800	34,770	34,820	34,790	34,800	34,840	34,790	34,810	34,807
	2	34,830	34,790	34,840	34,800	34,800	34,810	34,770	34,820	34,870	34,810	34,814
	3	34,820	34,810	34,820	34,860	34,860	34,820	34,800	34,810	34,810	34,790	34,82
Průměr		34,813	34,820	34,820	34,810	34,827	34,807	34,790	34,823	34,823	34,803	Xc = 34,813666666 6667
Rozpětí		0,040	0,070	0,040	0,090	0,060	0,030	0,030	0,030	0,080	0,020	Rc = 0,0490000000 000002
Průměr pro díl		34,803	34,811	34,822	34,807	34,822	34,807	34,782	34,819	34,814	34,796	34,808333333 3333
([Ra = 0,0490000000000009] + [Rb = 0,0429999999999993] + [Rc = 0,0490000000000002]) / [Počet operátorů = 3] =												R" = 0,047000000000 0001
[Max X = 34,89] - [Min X= 34,7] = Xdiff = 0,0146 6 66666 66667 04												
* [R" = 0,0470] x [D4 = 2,574] = UCLr = 0 00000 00000 01												
* D4 = 3,27 pro 2 měření a 2,58 pro 3 měření. UCLr představuje mez pro jednotlivá R. Do kroužku se dají hodnoty mimo tuto mez. Identifikuje se příčina a uskuteční se náprava. Čtení se opakuje se stejným operátorem a na téže jednotce, která byla původně použita, nebo se hodnoty vyřadí a opakovaně se vypočítá průměr a ze zbývajících pozorování se přepočítá R" a mez.												
Poznámky: _____												

Protokol opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla									
Číslo dílu:	000171307054	Číslo měřidla:	L0013						
		Datum:	17.3.2011 0:00:00						
Název dílu:	BUND-A6KT M14x1,5x35	Název měřidla:	Hloubkoměr						
Znaky:	délka po hlavu	Typ měřidla:	vestavěný digitální						
Specifikace:	34,5 - 35,5								
Hodnoty z listu pro sběr dat:		$\bar{R} = 0,047$	$\bar{X}_{DIFF} = 0,015$						
		$R_p = 0,040$							
Analýza měřící jednotky		% tolerance (T/6)							
Opakovatelnost - variabilita zařízení (EV) $EV = \bar{R} * K_1$ $EV = 0,047 * 0,591$ $= 0,028$		$\%EV = 100 [EV/T/6]$ $= 100 [0,028/0,167]$ $= 16,661$							
	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Počet měření</th> <th>K1</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,8862</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,5908</td> </tr> </table>	Počet měření	K1	2	0,8862	3	0,5908		
Počet měření	K1								
2	0,8862								
3	0,5908								
Reprodukovatelnost - variabilita operátora (AV) $AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} * K_2)^2 - \left(\frac{EV^2}{n * r}\right)}$ $AV = \sqrt{(0,015 * 0,523)^2 - \left(\frac{0,028^2}{10 * 3}\right)}$ $= 0,006$ n = díly r = měření		$\%AV = 100 [AV/T/6]$ $= 100 [0,006/0,167]$ $= 3,455$							
	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Operátoři</th> <th>2</th> <th>3</th> </tr> <tr> <th>K2</th> <td>0,7071</td> <td>0,5231</td> </tr> </table>	Operátoři	2	3	K2	0,7071	0,5231		
Operátoři	2	3							
K2	0,7071	0,5231							
Opakovatelnost a reprodukovatelnost (GRR) $GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$ $GRR = \sqrt{0,028^2 + 0,006^2}$ $= 0,028$		$\%GRR = 100 [GRR/T/6]$ $= 100 [0,028/0,167]$ $= 17,015$							
	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Díly</th> <th>K3</th> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,7071</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,5231</td> </tr> </table>	Díly	K3	2	0,7071	3	0,5231		
Díly	K3								
2	0,7071								
3	0,5231								
Variabilita dílu (PV) $PV = R_p * K_3$ $= 0,013$		$\%PV = 100 [PV/T/6]$ $= 100 [0,013/0,167]$ $= 7,550$							
Celková variabilita (TV) $TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$ $TV = \sqrt{0,028^2 + 0,013^2}$ $= 0,031$		$ndc = 1.41 [PV/GRR]$ $= 1.41 [0,013/0,028]$ $= 0,626 \sim 0$							
Kontrolor 1 Bartoš P. Kontrolor 2 Kvapilová V. Kontrolor 3 Šíkola L. Informace a teorii o konstantách ve formuláři - viz. Příručka MSA Reference Manual, 3. vydání									

Výška hlavy

List pro sběr dat o opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla

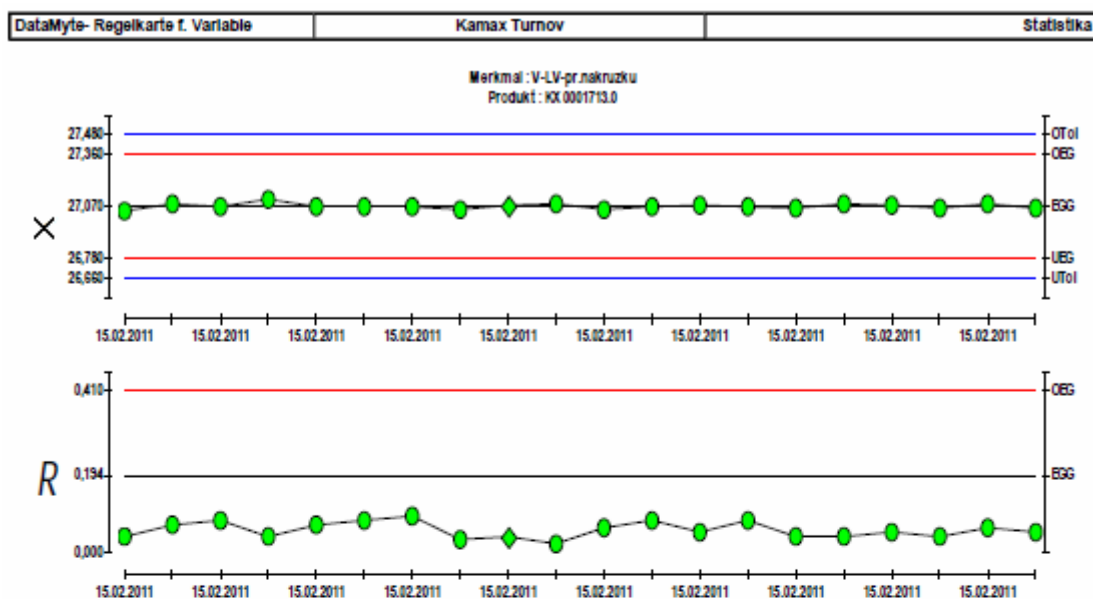
Operátor Číslo měření	DÍL										Průměr	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A	1	12,110	12,150	12,100	12,100	12,120	12,120	12,110	12,120	12,110	12,110	12,115
	2	12,110	12,100	12,110	12,100	12,110	12,120	12,100	12,100	12,140	12,130	12,112
	3	12,130	12,100	12,090	12,130	12,140	12,120	12,080	12,100	12,110	12,100	12,11
Průměr		12,117	12,117	12,100	12,110	12,123	12,120	12,097	12,107	12,120	12,113	Xa = 12,112333333 3333
Rozpětí		0,020	0,050	0,020	0,030	0,030	0,000	0,030	0,020	0,030	0,030	Ra = 0,0260000000 000005
B	1	12,110	12,150	12,100	12,100	12,120	12,120	12,110	12,120	12,110	12,110	12,115
	2	12,110	12,100	12,110	12,100	12,110	12,120	12,100	12,100	12,140	12,130	12,112
	3	12,130	12,100	12,090	12,130	12,140	12,120	12,080	12,100	12,110	12,100	12,11
Průměr		12,117	12,117	12,100	12,110	12,123	12,120	12,097	12,107	12,120	12,113	Xb = 12,112333333 3333
Rozpětí		0,020	0,050	0,020	0,030	0,030	0,000	0,030	0,020	0,030	0,030	Rb = 0,0260000000 000005
C	1	12,120	12,130	12,080	12,100	12,120	12,130	12,140	12,130	12,110	12,120	12,118
	2	12,130	12,110	12,140	12,090	12,100	12,120	12,100	12,110	12,170	12,120	12,119
	3	12,130	12,120	12,120	12,140	12,160	12,090	12,090	12,130	12,120	12,090	12,119
Průměr		12,127	12,120	12,113	12,110	12,127	12,113	12,110	12,123	12,133	12,110	Xc = 12,118666666 6667
Rozpětí		0,010	0,020	0,060	0,050	0,060	0,040	0,050	0,020	0,060	0,030	Rc = 0,0400000000 000007
Průměr pro díl		12,120	12,118	12,104	12,110	12,124	12,118	12,101	12,112	12,124	12,112	12,114444444 4444
([Ra = 0,02600000000000005] + [Rb = 0,02600000000000005] + [Rc = 0,04000000000000007]) / [Počet operátorů = 3] =												R" = 0,03066666666 6673
[Max X = 12,17] - [Min X= 12,0] = Xdiff = 0,0063 8 33333 33333 574												
* [R" = 0,0306] x [D4 = 2,574] = UCLr = 0 66666 66666 73												
* D4 = 3,27 pro 2 měření a 2,58 pro 3 měření. UCLr představuje mez pro jednotlivá R. Do kroužku se dají hodnoty mimo tuto mez. Identifikuje se příčina a uskuteční se náprava. Čtení se opakují se stejným operátorem a na téže jednotce, která byla původně použita, nebo se hodnoty vyřadí a opakovaně se vypočítá průměr a ze zbývajících pozorování se přepočítá R" a mez.												
Poznámky: _____												

Protokol opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla									
Číslo dílu:	000171307054	Číslo měřidla:	L0049						
		Datum:	17.3.2011 0:00:00						
Název dílu:	BUND-A6KT M14x1,5x35	Název měřidla:	Hloubkoměr						
Znaky:	výška hlavy	Typ měřidla:	Výška hlavy šroubu						
Specifikace:	11,65 - 12,35								
Hodnoty z listu pro sběr dat: <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> $\bar{\bar{R}} = 0,031$ $\bar{X}_{DIFF} = 0,006$ $R_p = 0,023$ </div>									
Analýza měřící jednotky			% tolerance (T/6)						
Opakovatelnost - variabilita zařízení (EV) $EV = \bar{\bar{R}} * K_1$ $EV = 0,031 * 0,591$ <div style="text-align: center; margin-top: 5px;">= 0,018</div>			%EV = 100 [EV/T/6] = 100 [0,018/0,117] = 15,530						
		<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="padding: 2px;">Počet měření</th> <th style="padding: 2px;">K1</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0,8862</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">0,5908</td> </tr> </table>		Počet měření	K1	2	0,8862	3	0,5908
Počet měření	K1								
2	0,8862								
3	0,5908								
Reprodukovatelnost - variabilita operátora (AV) $AV = \sqrt{(\bar{X}_{DIFF} * K_2)^2 - \left(\frac{EV^2}{n * r}\right)}$ $AV = \sqrt{(0,006 * 0,523)^2 - \left(\frac{0,018^2}{10 * 3}\right)}$ <div style="text-align: center; margin-top: 5px;">= 0,000</div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 5px;"> n = díly r = měření <table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="padding: 2px;">Operátoři</th> <th style="padding: 2px;">2</th> <th style="padding: 2px;">3</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">K2</td> <td style="text-align: center;">0,7071</td> <td style="text-align: center;">0,5231</td> </tr> </table> </div>			Operátoři	2	3	K2	0,7071	0,5231	%AV = 100 [AV/T/6] = 100 [1,84E-4/0,117] = 0,158
Operátoři	2	3							
K2	0,7071	0,5231							
Opakovatelnost a reprodukovatelnost (GRR) $GRR = \sqrt{EV^2 + AV^2}$ $GRR = \sqrt{0,018^2 + 1,84E-4^2}$ <div style="text-align: center; margin-top: 5px;">= 0,018</div>			%GRR = 100 [GRR/T/6] = 100 [0,018/0,117] = 15,530						
		<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="padding: 2px;">Díly</th> <th style="padding: 2px;">K3</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">0,7071</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">0,5231</td> </tr> </table>		Díly	K3	2	0,7071	3	0,5231
Díly	K3								
2	0,7071								
3	0,5231								
Variabilita dílu (PV) $PV = R_p * K_3$ <div style="text-align: center; margin-top: 5px;">= 0,007</div>			%PV = 100 [PV/T/6] = 100 [0,007/0,117] = 6,292						
Celková variabilita (TV) $TV = \sqrt{GRR^2 + PV^2}$ $TV = \sqrt{0,018^2 + 0,007^2}$ <div style="text-align: center; margin-top: 5px;">= 0,020</div>			ndc = 1.41[PV/GRR] = 1.41 [0,007/0,018] = 0,571 ~ 0						
Kontrolor 1 Bartoš P. Kontrolor 2 Kvapilová V. Kontrolor 3 Šíkola L. Informace a teorii o konstantách ve formuláři - viz. Příručka MSA Reference Manual, 3. vydání									

Příloha D:

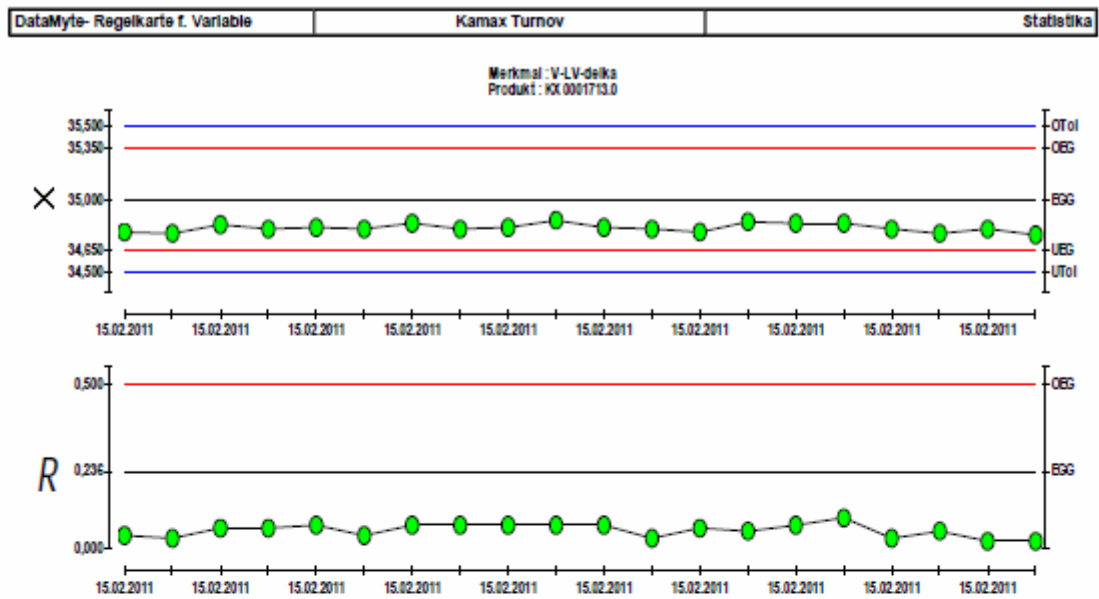
Regulační karty

Průměr nákrůžku



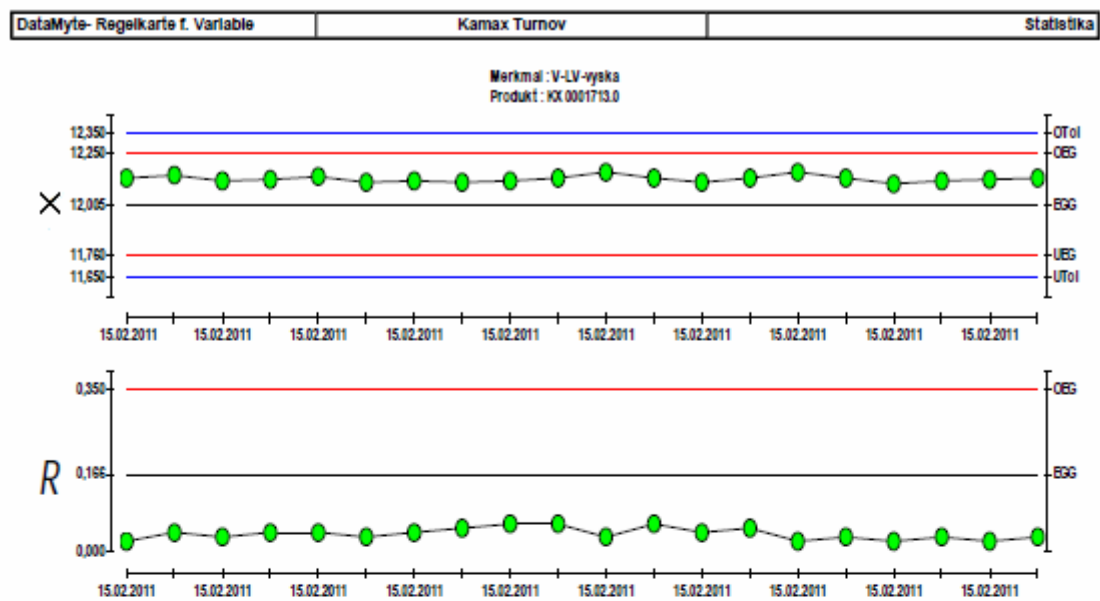
Statistik	Wert
Xquerquer	27,07
Squer	0,02
Rquer	0,06
OTol	27,48
Nominal	27,07
UTol	26,66
StiProben- Umfang	5
Berechnungs- Methode	Manuell
Zuletzt geändert	19.12.2007 10:10:46
Xquer OEG	27,36
EGGx	27,07
UEGx	26,78
Range OEG	0,41
EGGr	0,19
UEGr	N/V
Sigma OEG	N/V
EGGs	0,02
UEGs	N/V
Kombinierte StiProbenzahl	1

Délka po hlavu



Statistik	Wert
Xquerquer	34,81
Squer	0,02
Rquer	0,05
OTol	35,50
Nominal	35,00
UTol	34,50
StiProben- Umfang	5
Berechnungs- Methode	Manuell
Zuletzt geändert	19.12.2007 10:10:46
Xquer OEG	35,35
EGGx	35,00
UEGx	34,65
Range OEG	0,50
EGGr	0,24
UEGr	N/V
Sigma OEG	N/V
EGGs	0,02
UEGs	N/V
Kombinierte StiProbenzahl	1

Výška hlavy



Statistik	Wert
Xquerquer	12,13
Squer	0,01
Rquer	0,04
OTol	12,35
Nominal	12,00
UTol	11,65
StiProben- Umfang	5
Berechnungs- Methode	Manuell
Zuletzt geändert	19.12.2007 10:10:46
Xquer OEG	12,25
EGGx	12,00
UEGx	11,76
Range OEG	0,35
EGGr	0,17
UEGr	N/V
Sigma OEG	N/V
EGGs	0,02
UEGs	N/V
Kombinierte StiProbenzahl	1